Amatérské RADIO

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU
ROČNÍK XLIII/1994 • ČÍSLO 6

V TOMTO SEŠITĚ

AMATÉRSKÉ RADIO - ŘADA B

Vydavatel: Vydavatelství MAGNET-PRESS, s.p., Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, telefon 24 22 73 84-9, fax 24 22 31 73, 24 21 73 15.
Redakce: Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 24 22 73 84-9. Šéfredaktor Luboš Kalousek, OK1FAC, l. 354.
Sazba: SOU polygrafické Rumburk.
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 14,80 Kč. Pololetní předplatné 44,40 Kč, celoroční předplatné 88,80 Kč.
Rozšiřuje MAGNET-PRESS a PNS, informace o předplatném podá a objednávky přijímá PNS, pošta, doručovatel a předplatitelské středisko administrace MAGNET-PRESS. Velkoodběratelé a prodejci si mohou objednat AR za výhodných podmínek v oddělení velkoobchodu MAGNET-PRESS, tel /fax. (02) 26 12 26.
Podávání novinových zásilek povoleno jak Ředitelstvím pošt. přepravy Praha (č. j. 349/93 ze dne 1. 2.1993), tak RPP Bratislava - pošta Bratislava 12 (č. j. 82/93 dňa 23. 8. 1993). Objednávky do zahraničí přijímá vydavatelství MAGNET-PRESS, OZO.312, Vladislavova 26, 113 66 Praha 1 formou bankovního šeku, zaslaného na výše uvedenou adresu. Celoroční předplatné časopisu pozemní cestou 30 DM nebo 20 US $, letecky 46 DM nebo 28 US $.
Ve Slovenské republice předplatné zajišťuje a objednávky přijímá přímo nebo prostřednictvím dalších distributorů MAGNET-PRESS Slovakia s.r.o., P.O. BOX 814 89 Bratislava, tel. (07) 39 41 67, cena za jeden výtisk v SR je 17,50 SK.
Inzerci přijímá inzertní oddělení MAGNET- PRESS, Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. (02) 24 22 73 84, 24 22 77 23, tel./fax.(02) 24 22 31 73.
Znění a úpravu odborné inzerce lze dohodnout s kterýmkoli redaktorem AR.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor. Nevyžádané rukopisy nevracíme.
ISSN 0139-9572, číslo indexu 46 044
Toto číslo vyšlo 21. 9. 1994

International Rectifier (IOR) se představuje

Firma International Rectifier je v současné době největším světovým nezávislým výrobcem výkonových polovodičových součástek a největším světovým producentem výkonových tranzistorů MOSFET. Ve fiskálním roce 1994/95 očekává firma obrat 400 miliónů $. Dynamika růstu výroby v letošním roce je asi 30 %. IR je hlavním světovým výrobcem výkonových tranzistorů MOSFET, označovaných zkratkou Hexfet (podle hexagonálního tvaru jednotlivých mikrotranzistorů). Jméno firmy je i zárukou maximální jakosti celé produkce tohoto výrobce.

Celá výroba firmy se soustřeďuje na oblast výkonových polovodičových součástek, na permanentní zdokonalování technologie spolu s maximální jakostí a výtěžností. Hlavními vyráběnými součástkami jsou, jak bylo uvedeno, především výkonové tranzistory MOSFET, dále pak tranzistory IGBT (insulated gate bipolar transistor, bipolární tranzistor s izolovanou řídicí elektrodou), výkonové integrované obvody, mikroelektronická relé, výkonové hybridní obvody, usměrňovače, tyristory a moduly pro velké výkony, Schottkyho diody, FRED (extrémně rychlé diody) a polovodičové součástky, označované jako "military", tj. pro vojenské použití. International Rectifier však nejen vyrábí součástky, ale úzce spolupracuje se zákazníky, jimž poskytuje technickou pomoc při řešení všech otázek, spojených s vývojem a výrobou nových zařízení, typickým příkladem je i možnost objednat si analýzu poruch (této možnosti využívají především velcí výrobci). IR spolupracuje velmi úzce s celou řadou velkých výrobců (např. IBM, automobiloví výrobci atd.), pro něž mj. i vyvíjí nové zákaznické součástky pro specifická použití.

Z historie firmy

Jako nejstarší nezávislý výrobce polovodičových součástek na světě, jsou firma IR i její zaměstnanci hrdí na svou minulost, v níž nacházejí zdroj inspirace a z níž čerpají i zkušenosti, jiným způsobem nezískatelné.

International Rectifier založili Eric a Leon Lidow v srpnu roku 1947 v Los Angeles v Kalifornii. Firma se brzy stala známou a uznávanou jako přední výrobce selenových usměrňovačů, jediného tehdejšího běžně používaného polovodičového materiálu. Stejně tomu bylo i později, když se začaly používat i další polovodičové materiály, germanium a křemík.

Dobrý přehled o aktivitách firmy lze získat z následující tabulky:

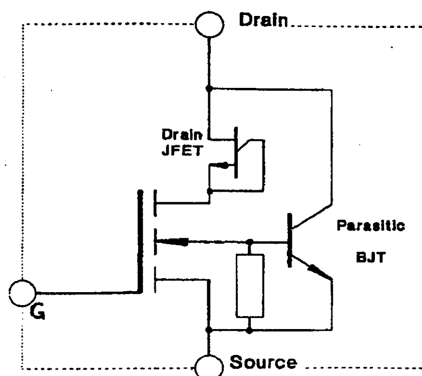
1947 - založení firmy Ericem a Leonem Lidow, výroba selenových usměrňovačů,
1955-57 - uzavřeny joint-venture v Japonsku, Anglii a Itálii, zahájeny práce na vývoji tyristorové technologie,
1979 - vyvinut a uveden na trh první komerčně využitelný tranzistor D-MOS na světě,
1982 - uvedena na trh první součástka CMOS na vysoké napětí, tzv. chipswitch,
1984 - uvedeno na trh "světelné" relé (photovoltaic relay), zahájena výroba zákaznických součástek a obvodů,
1985 - začíná projekt Hexfet America, začíná výroba IRGB podle americké vojenské normy MIL-S-19500,
1987 - dokončena racionalizace evropských výrobků, realizován Hexfet America, uvedena první výkonová součástka MOS SMD na světě,
1988 - první na světě pravý výrobek P.I.C. (Power Integrated Circuit, výkonový integrovaný obvod),
1990 - představena revoluční technologie IGBT, nejvyspělější na světě.

Přehled výrobních závodů

Vedení společnosti sídlí v El Segundo v Kalifornii, kde je též výrobní závod, vyrábějící tranzistory Hexfet a IGBT, P.I.C., mikrorelé, součástky pro velké výkony a součástky pro armádu. Závod Hexfet America sídlí též v Kalifornii, ve městě Temecula a vyrábí Hexfet a IGBT, další výrobní závody jsou v Torontu v Kanadě (zařízení pro vysoká napětí, chladiče), v Tijuaně v Mexiku (Schottkyho diody, usměrňovače pro velké výkony, výkonové tyristory), v Oxted v Anglii (Hexfet a IGBT v TO247, TO3, TO39, Hex-Pak, Y-Pak) a konečně v Turinu v Itálii, kde jsou dva závody na bipolární součástky (diody, tyristory - klasické i rychlé, moduly, usměrňovací můstky atd.) malého i středního výkonu i součástky pro největší výkony.

Stručný přehled vyráběných součástek

V oblasti výkonových MOSFET (Hexfet) jsou zajímavé především



Ekvivalentní obvod pro Hexfet

MOSFET s vestavěným proudovým čidlem, tzv. HEX-SENCE, které se vyrábějí pro napětí 60 až 500 V a pro proud 5,5 až 70 A. Do kategorie těchto zajímavých MOSFET patří i Logic Level MOSFET, tj. tranzistory MOSFET, které lze budit logickými signály(pro napětí 20 až 1000 V a pro proud 1 až 92 A), dále tzv. Full Pak, Hex Pak, elektricky izolované tranzistory MOSFET, s provozním napětím 60 až 900 V a pro proud 1,2 až 150 A.

Další velkou skupinou výrobků jsou tzv. SMARTFET a plně chráněné vysokonapěťové spínače pro automobilové aplikace (IRSF3010, IR6000 atd.). Velmi důležitou a rychle se rozvíjející oblastí jsou MOSFET pro povrchovou montáž, v této oblasti IR nabízí 11 druhů pouzder a je největším světovým výrobcem (pro napětí 20 až 600 V, pro proud 0,8 až 75 A).

Velkou skupinou výrobků, charakteristických pro firmu International Rectifier, jsou IGBT, bipolární tranzistory s izolovanou bází (řídicí elektrodou), které jsou k dispozici ve třech velkých skupinách - standardní (do 1 kHz), rychlé (do 10 kHz) a velmi rychlé (do 100 kHz). Diskrétní IGBT a tzv. Co-Pak (to jsou IGBT s antiparalelní diodou) jsou nabízeny v pouzdrech TO220 a TO247 a to pro napětí až 1200 V (v budoucnu do 1700 V) a proudy až 70 A, pro feromagnetické rezonanční obvody se vyrábějí dvojice IGBT se společným emitorem pro proudy 65, popř. 120 A, dále se vyrábějí i moduly IGBT až pro 1200 V a proudy do 800 A včetně IGBT pro nezávislou (bateriovou) trakci 250 V pro proudy do 1000 A v řadě 250, 320, 520, 750 a 1000 A. V současné době se připravuje výroba IGBT a Co-Pak v provedení SMD.

MOSFET a IGBT tohoto druhu potřebují také speciální budiče. IR pro řízení jedné součástky vyrábí budiče IR2121, IR2125, pro řízení dvou součástek např. IR2110, 2111, 2112, ... a IR2151, 2152 a 2155, pro řízení šesti součástek IR2130. Základní řada budičů má několik modifikací i v provedení SMD, velmi atraktivní jsou zejména velmi levné budiče (IR2112) a speciální budiče pro elektronické zátěže (IR2151, IR2155).

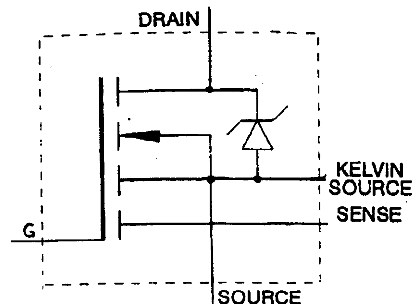
Nejširší výrobní sortiment na světě má firma IR v lavinových Schottkyho diodách - vyrábějí se diody pro napětí od 15 do 200 V a pro proudy od 0,75 do 400 A, popř. i kombinace 200 V/400A. Ve výrobním sortimentu jsou i diody s úbytkem napětí menším než 0,2 V při 100 °C.

V nejbližších několika příštích letech je možno předpokládat, že se podíl Schottkyho diod v součástkové základně značně zvětší, neboť tyto diody nahradí rychlé a velmi rychlé diody pro napětí do 200 V.

Zajímavý je i sortiment výkonových hybridních obvodů s MOSFET a IGBT do špičkového napětí 600 V, k nimž patří např. i můstky pro řízení asynchronních motorů.

Mikroelektronická relé IR (solid state relay) nabízí firma pro spínání jak stejnosměrných, tak střídavých zátěží.

Ve výrobním programu IR jsou dále kromě součástek v provedení SMD (MOSFET, budiče, diody, rychlé diody, Schottkyho diody, diodové můstky, můstky se Schottkyho diodami atd.), extrémně rychlé lavinové diody (HEXFRED) a ultrarychlé diody ideální ve spojení s IGBT a Hexfet pro proudy 1 až 30 A (popř. 2x 25 A) a napětí 100 až 1200 V.



Symbol pro tranzistor HexSense

Poslední skupinou běžných polovodičových součástek v sortimentu firmy IR jsou tyristory, diody a lavinové diody v modulovém i klasickém provedení, např. tyristory klasického provedení pro 10 A až 3300 A, 100 až 5200 V, k dispozici jsou i kombinace tyristor-dioda (12,5 až 250 A, 200 až 1200 V) a jejich rychlé varianty, dále i jedno a třífázové můstky do 160 A a 1600 V, tyristorové můstky a moduly tyristor-dioda pro proudové střídače. K výrobnímu sortimentu patří i rychlé a superrychlé pojistky.

Velmi významnou oblastí výroby jsou součástky určené pro kosmický program a pro armádu, vyráběné podle velmi přísných vojenských norem MIL a montážní celky (chladiče s polovodičovými součástkami, řízené i neřízené usměrňovače, celky s výměníky atd.). Nezanedbatelná je i výroba polovodičových čipů.

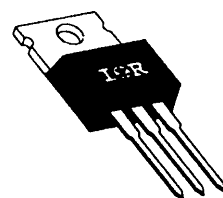
Součástky firmy International Rectifier mají řadu technických předností, jak je zřejmé z údajů v textu i na 2. straně obálky. Všechny bližší informace je možné získat na kontaktní adrese

Starmans electronics, s. r. o.,
zastoupení International Rectifier
pro Českou a Slovenskou republiku
Macurova 1565/19
149 00 Praha 4
Ing. Lubor Kalenda
tel./fax (02) 79 26 831

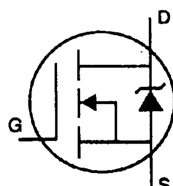
Distribucí součástek a technické literatury IR včetně obsažných aplikačních zpráv jsou pověřeny firmy Starmans a 3Q service, Revolučná 5, P.O. Box 66, 010 08 Žilina, Slovenská republika.

Příklady špičkových parametrů MOSFET 4. generace

Typ	*Napětí přechodu D-S [V]*	*Odpor D-S [mΩ] v sepn. stavu*	*Proud elektr. D [A]*
IRF1310	100	0,04	41
IRF3207	70	0,018	~60
IRF1010	55	0,014	75
IRL3705	50	0,012	80
IRL2203	30	0,010	92



Pouzdro TO-220AB



Schematická značka HEXFET

Použitá literatura

Firemní literatura IR: News Release, IR-The Company of Innovation, Satisfying Our Customers, Reports on IR.

BIPOLÁRNÍ A CMOS PŘEVODNÍKY D/A

Vítězslav Stříž, Miluše Tolaszová

Problematika používání převodníků D/A, ale i A/D při zpracování analogových signálů ve známých velkých systémech pro zpracování dat postupně přechází do systému menších a zcela malých, používaných v průmyslové elektronice, telekomunikacích, různých terminálech, a co je nejzajímavější, v nejmodernějších přístrojích spotřební elektroniky. Výsada velkých systémů a drahých součástek postupně přechází na stejně kvalitní součástky, avšak podstatně levnější, často výkonnější a dokonalejší s určením pro zpracování v přístrojích poměrně levných, vyráběných ve velkých sériích. Základní informace o převodnících D/A byly obsaženy v AR-B 1993, č. 1. Následující informace na ně volně navazují.

Převodníky D/A na bázi arzenidu galia

Americká firma TriQuint Semiconductor, Inc., která patří k firmě Tektronix, vyvinula řadu číslicově-analogových převodníků, sériově vyráběných na bázi arzenidu galia, které pracují rychlostí 600 až 1000 megavzorků za sekundu (Ms/s). Řada nových převodníků GIGA D/A reprezentuje vůbec první komerčně dosažitelné GaAs převodníkové obvody, jejichž provoz je specifikován při rychlostí větší než 400 Ms/s.

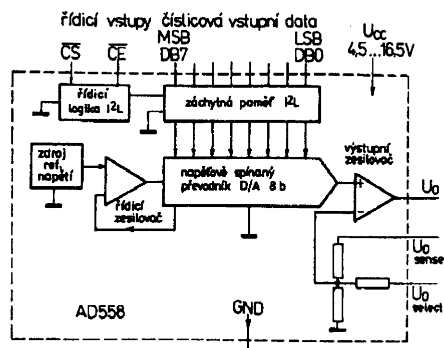
Převodníky řady TQ 6100 jsou osmibitové. Byly vyvinuty pro nejmodernější ultrarychlé aplikace s velkým rozlišením v zobrazovačích CAD/CAM, dále pro signálovou syntézu, převodníky A/D a syntézu rychlých kmitočtových skoků. Součástky se dodávají v pouzdru vhodném pro povrchovou montáž, popřípadě již montované na malé desce s plošnými spoji k podpoře video a jiné přístrojové techniky. Zaručován je provoz s rychlostí zpracování dat 600 a 1000 Ms/s. Uvedená řada převodníků má celkem osm modelů.

Integrované převodníky TQ6111 a TQ6112 jsou určeny především pro použití v zobrazovačích, pracujících v rozsahu megaobrazových bodů. Spolu se zapisovací rychlostí 600 a 1000 megabodů nabízejí tyto součástky navíc jeden vyklíčovací vstup a vyklíčovací interval podle standardu IRE. Protože na čipu je integrován osmibitový multiplexer 2:1, potřebuje rychlost vstupních dat jen polovinu výstupu D/A. Teplotně kompenzované referenční zapojení ECL umožňuje jednoduše propojit převodník s obvody logiky ECL 10K a ECL 100K, proto subsystém D/A je velmi vhodný pro další rozšíření integrovanými obvody logiky ECL.

Převodníky GIGA D/A se dodávají rovněž na všestranně použitelných deskách s plošnými spoji, na nichž jsou sdruženy vstupní/výstupní přípoje, regulace a filtrace síťového napájecího zdroje a stabilizace výstupního napětí. Jmenovaná funkční skupina může pracovat při provozní teplotě až do 70 °C. Příkon popsaných integrovaných obvodů při rychlosti 600 a 1000 Ms/s je typicky 2,5 W a 3,5 W, na funkční desce s plošnými spoji asi 6 W a 7 W. Vzhledem k velmi vysoké ceně se popsané galium-arzenidové převodníky hromadně nerozšířily.

Převodníky D/A slučitelné sběrnicově

Vývoj převodníku AD558, označovaného firmou Analog Devices jako DACport, je možné považovat jako vstřícný krok k dalšímu zjednodušování převodníkových systémů. Osmibitový převodník AD558 (obr. 1) je monolitický integrovaný obvod, který obsahuje úplné rozhraní pro spojení s mikroprocesorem, dále přesný zdroj referenčního napětí 2,5 V, výstupní zesilovač a datový registr. K napájení obvodu stačí, tak jako u většiny mikroprocesorů, jediné kladné napětí v rozsahu mezi +5 V až +15 V.



Obr. 1. Funkční skupinové zapojení převodníku D/A AD558

Výkonnost, přesnost a spolehlivost obvodu AD558 je výsledkem vývoje nejnovějších technologií bipolárních integrovaných obvodů. Tenkovrstvové rezistory, vyrobené na bázi křemíku a chromu, zaručují stabilitu nezbytnou pro zaručování stupně monotonie v celém rozsahu pracovních teplot. Moderní laserové trimování tenkovrstvových rezistorů (nastavení všech rezistorů sítě na předepsaný odpor s největší možnou přesností pomocí počítačem řízeného laserového paprsku) umožňuje již během výrobního procesu úplné kalibrování na přesnost ±1 LSB. Zesílení a minimální nesymetrie nevyžaduje žádné další vyvažování ze strany konstruktéra systému.

Převodník D/A pracuje s osmi proudovými spínači p-n-p, které řídí přesnou rezistorovou síť R/2R a vyrábí analogový signál s napětím od 0 do 400 mV. Rychlý výstupní zesilovač odevzdá v závislosti na zapojených vývodech dvě výstupní napětí od 0 do +2,56 V nebo od 0 V do +10 V. Doba nastavení kladného výstupního napětí je při plném rozsahu 700 ns.

Číslicové rozhraní

Proudové spínače p-n-p jsou řízeny z výstupů datového registru 8 b, který je konstruován osvědčenou technikou I2L, slučitelnou s lineárními obvody. Registr je řízen signály CS a CE, které jsou slučitelné s obvody logiky TTL (podle funkční tab. 1).

Tab. 1. **Funkční tabulka převodníku D/A AD558**

Datový vstup	Řídicí vstupy CE	Řídicí vstupy CS	Výstup
0	0	0	0
1	0	0	1
0	•	0	0
1	•	0	0
0	0	•	0
1	0	•	1
X	1	X	PD
X	X	1	PD

X - libovol. stav, • - logická úroveň při vzestupné náběžné hraně, PD - - předešlá data

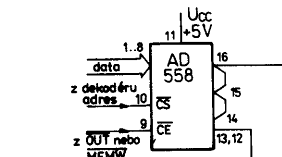
Pro první dva řádky tabulky platí, že data jsou přenášena přímo ze vstupu na výstup, v ostatních případech je na výstupu zachycen poslední stav

Vstupy CS a CE jsou plně zaměnitelné. Registr je sepnut, je-li na obou vstupech signál s nízkou úrovní napětí L. Jestliže jeden z obou řídicích vstupů má úroveň H, je osmibitové datové slovo na vstupu uloženo do paměti. Další průchod dat na sběrnici zůstává bez vlivu na analogový výstup. Tento registr umožňuje velmi jednoduše připojit obvod AD558 k většině používaných mikroprocesorů. Způsob připojení převodníku k různým typům mikroprocesorových obvodů je na obr. 2 až 10.

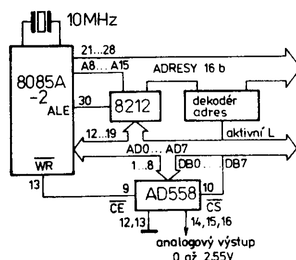
Způsob připojení k mikroprocesorům

Protože se řídicí signály jednotlivých typů mikroprocesorů navzájem značně odlišují, musí se splnit dvě základní podmínky pro optimální funkci převodníku AD558.

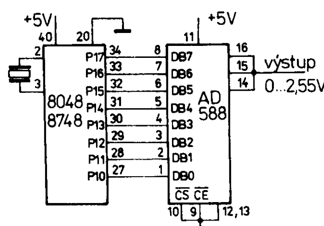
Podle typu mikroprocesoru se musí určit, které paměťové místo (nebo který vstup-výstup) obvodu AD558 se obsadí. Adresový dekodér vyrábí pro všechny druhy adres vlastní signál, který se v běžném případě připojí na vstup CS. V závislosti na komplexnosti systému může toto dekódování přímým připojením na adresové vedení



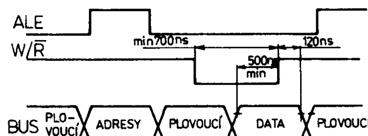
Obr. 2. Způsob připojení řídicích signálů k obvodu AD558



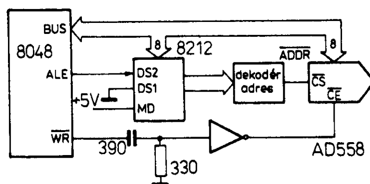
Obr. 3. Způsob připojení obvodu AD558 k mikroprocesoru 8085A



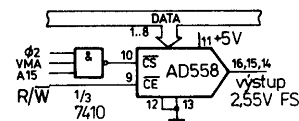
Obr. 4. Připojení obvodu AD558 s přiřazenými vstupními-výstupními branami mikroprocesoru 8048



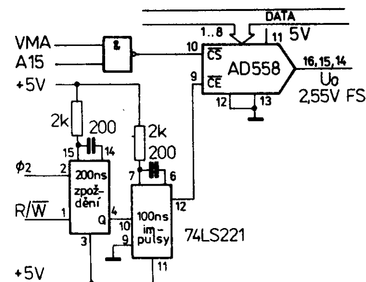
Obr. 5. Časový diagram pro funkci "zápis" mikroprocesoru 8048 pro vnější paměť



Obr. 6. Převodník AD558 jako vnější paměť dat v rozšířeném systému mikroprocesoru 8048



Obr. 7. Jednoduché rozhraní mikroprocesoru 6800 s převodníkem AD558



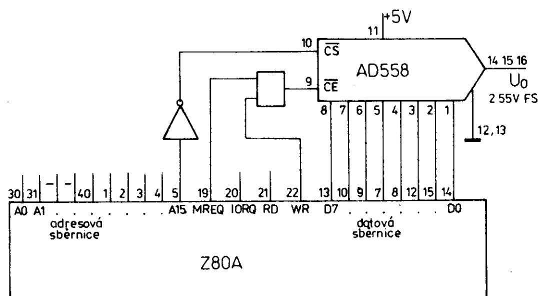
Obr. 8. Rozhraní mikroprocesoru 6800 s převodníkem AD558 bez rušivých impulsů "glitch"

postačit až k úplnému dekódování všech paměťových míst.

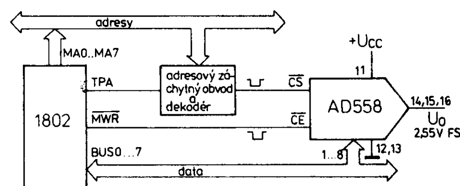
Druhá podmínka stanoví, že mikroprocesor musí prokázat, že data ve sběrnici protékají z procesoru do paměti při provozu zápis dat nebo obráceně při provozu čtení. Jde-li u periferních přístrojů o převodník D/A, je zapotřebí signál WRITE, který se obvykle připojuje na vstup CE převodníku.

Mnoho běžných typů mikroprocesorů jako např. 8080A, 8085A, 8048, Z80, 1802, nabízí dvě metody vysílání dat do obvodu převodníku AD558 nebo jiné vstupní-výstupní jednotky, jmenovitě pak specificky orientovanou paměť nebo izolovanou metodu. Obě metody jsou použitelné. Metoda specificky orientované paměti využívá vstupní-výstupní jednotky jako paměť. Ta umožňuje vyčerpat celkovou nabídku paměťově vztažených odkazů a druhů adresování tak, aby bylo možné zpracovat data.

Procesory řady 6800 a 6502, stejně jako většina mikroprocesorů vůbec, používají výlučně paměťově specifickou metodu vstupu-výstupu. Izolovaný vstup-výstup, například u mikroprocesoru 8080, ošetřuje vstupní-výstupní jednotku jako zvláštní systémové prvky, které se oslovují signály pro čtení a zápis (READ a WRITE). U mikroprocesoru 8080A jsou sice pohotová paměťová místa 64 kB, ale jen 256 přiřazených vstupních-výstupních adres. Proto se může adresové kódování v některých systémech použít jedno-



Obr. 9. Způsob připojení převodníku AD558 k mikroprocesoru Z80A



Obr. 10. Způsob připojení mikroprocesoru 1802 k převodníku AD558

duchým způsobem. Jako rozhodující nevýhodu izolovaného vstupu-výstupu je možné označit průchod dat akumulátorem, neboť přímý programově řízený přenos dat z některého registru nebo paměťového místa k jedné vstupní-výstupní jednotce není možný.

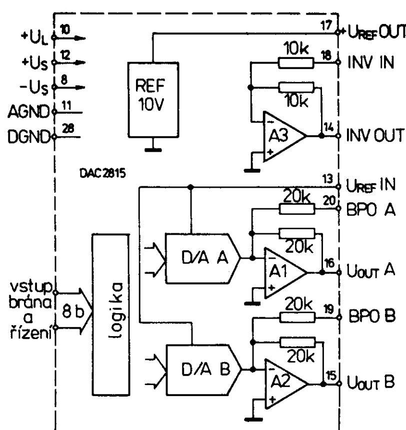
Převodníky pro průmyslové účely

Převodníky CMOS D/A pro průmyslové řízení

Nové dvojité a čtyřnásobné převodníky D/A pro průmyslové řídicí přístroje uvedla na trh společnost Burr-Brown. Typ DAC2815 sdružuje dva, DAC4815 čtyři převodníky na společném monolitickém čipu. Oba jsou vyrobeny technologií CMOS. Jsou vybaveny logikou záchytných obvodů, špičkovým zdrojem referenčního napětí se Zenerovou diodou a bipolárním výstupním zesilovačem s malým šumem.

Převodník DAC2815 nepotřebuje ke svému provozu žádné vnější součástky. Jeho výstupní napětí lze nastavit do rozsahu kladného napětí 0 až 10 V, záporného 0 až -10 V nebo bipolárního ±10 V. Čtyřnásobný převodník DAC4815 pro rozsah výstupního napětí ±10 V rovněž nevyžaduje žádné vnější součástky. Oby typy nabízejí pravou integrální a diferenční linearitu 12 b v celém rozsahu dovolené teploty, proto jsou ideální pro všechny aplikace, které vyžadují několik stejných převodníků D/A — jako je tomu u budičů ATE, lékařských diagnostických a laboratorních měřicích přístrojů, v přístrojích pro průmyslové řízení apod.

Funkční skupinové zapojení převodníku DAC2815 je na obr. 11, převodníku DAC4815 na obr. 12. Oba převodníky jsou vybaveny paralelním rozhraním 8 + 4 b. Data jsou nejdříve napěťovou úrovní posunuta do vstupního registru, dále do dvou stupňů každého převodníku a pak jsou všechny převodníky simultánně aktualizovány. Oba mají asynchronní řízení mazání funkcí při zapnutí nebo kalibraci systému.



Obr. 11. Funkční skupinové zapojení převodníku DAC2815

Z klíčových vlastností jmenujme: rozlišení 12 b, doba ustálení max 10 ms, typicky 3,5 ms při ±0,5 LSB ILE, ±0,5 LSB DLE, chyba zesílení 0,15 % (±20 ppm/K), chyba ofsetu ±0,5 mV (±5 ppm/K). Oba převodníky jsou monotonní v rozšířeném rozsahu teplot pro průmyslové účely od —40 do +85 °C. Součástky jsou v plastovém pouzdru DIP28 s 2x čtrnácti vývody ve dvou řadách.

Převodník pro proudovou smyčku

Jediný monolitický převodník Sigma Delta D/A 16 b, který slouží pro výrobu signálu proudové smyčky 4 až 20 mA, vyvinula společnost Analog Devices. Toto technicky a cenově hodnotné řešení jednočipového převodníku je úsporné z hlediska nutného konstrukčního prostoru, je vybaveno zapojením pro hlídání závad na smyčce, může pracovat s proudem smyčky 4 až 20 mA nebo 0 až 20 mA. Napájecí napětí obvodu se může volit v širokém rozsahu od 12 do 36 V. Součástka v plastovém pouzdru DIL24 nebo SOIC24 je vhodná téměř pro všechny aplikace v oblasti průmyslového řízení a snímání dat.

Převodník s rychlým rozhraním 16 b

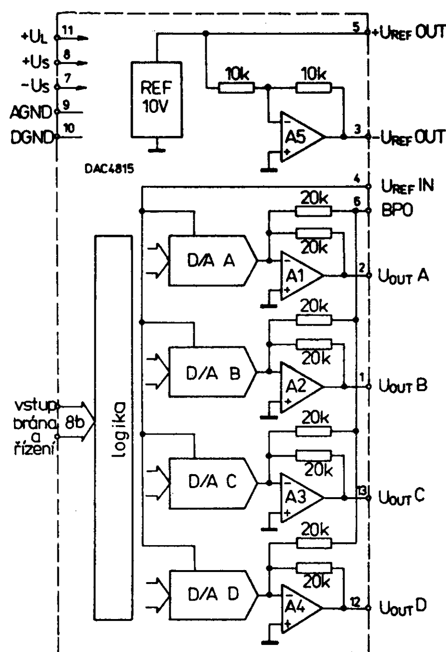
Pro průmyslovou elektroniku je určen další nový úplný převodník D/A 16 b, který je vybaven rychlým číslicovým rozhraním 16 b. Plně funkční převodník DAC712, který je vhodný pro spolupráci s mikroprocesory, je vybaven přesným, teplotně kompenzovaným zdrojem referenčního napětí +10 V a rozhraním sběrnice s bránou 16 b.

Z klíčových vlastností převodníku zaujmou: rychlost — je velmi rychlý, má zdvojený oddělovací stupeň rozhraní 16 b, linearitu 13 b a 14 b, monotonii v celém dovoleném rozsahu teplot a ztrátový výkon max. 600 mW. Součástka je v úzkém plastovém pouzdru DIP28 a s 2x čtrnácti vývody nebo v širokém pouzdru SOIC28 s 2x čtrnácti vývody. Pracovní rozsah převodníku je v průmyslovém rozsahu od —40 do +85 °C.

Historie převodníků CMOS D/A

Prvním monolitickým převodníkem D/A, vyrobeným technologií CMOS, byl násobící převodník 10 b typu AD7520, který přišel na trh na podzim roku 1973. O několik měsíců později, v srpnu 1974, jej následoval výkonnější převodník D/A 12 b AD7521. Obě součástky se vyznačovaly jedním napájecím napětím, malým ztrátovým výkonem (typicky 20 mW) a číslicovými vstupy, slučitelnými s logikou TTL a CMOS.

Další vývojovou fází byly převodníky 10 b AD7530 a AD7531 až AD7533 a dále výkonnější převodník 12 b AD7541, které se dostaly na trh začátkem roku 1978. Převodník AD7541 byl



Obr. 12. Funkční skupinové zapojení převodníku DAC4815

však brzy překonstruován, inovován a v polovině roku 1983 uvolněn do prodeje jako typ AD7541A. Převodníky AD7533 stejně jako AD7541A představovaly cenově a výkonově podstatné zlepšení oproti AD7520 a AD7521. Souběžně s oběma typy byly vyvinuty osmibitové převodníky D/A řady AD752x a AD722x.

Jako speciální součástky se na trh dostaly v říjnu 1981 převodníky AD7528, první dvojitý osmibitový převodník D/A s datovým vyrovnávacím vstupem a osminásobný převodník 8 b AD7228 s napěťovým výstupem, který je na trhu od poloviny roku 1987. Zvláště typ AD7528 je dodnes uznáván jako průmyslový standard v oblasti osmibitových převodníků CMOS.

Na bázi převodníku AD7542A pokračuje vývojový trend ke stále vyšší integraci různých výkonových vlastností a k většímu rozlišení. V oblasti rozlišení 12 b směřuje vývoj od AD7541 přes AD7542, který je slučitelný s mikroprocesory, AD7543 se sériovým vstupem, AD7545 s vyrovnávacím vstupem a AD7537, AD7547, dvojité převodníky 12 b se vstupním registrem a rozhraním pro mikroprocesory, až k typu AD7845, což je komplexní převodník D/A se vstupním registrem, řídicí logikou a napěťovým výstupem. Na trhu je od roku 1988.

První převodník D/A s rozlišením 14b AD7534 byl uveden na trh na začátku roku 1984. Je vybaven vstupním registrem s vysokým a nízkým B (byte), proto je optimálně přizpůsoben pro spolupráci s procesorovými systémy 8 b.

Další převodníkové obvody AD7535, AD7536 a AD7538 jsou vybaveny proudovým výstupem. Rozšíření výkonnosti bylo dosaženo u převodníku AD7840, který se prodává od února 1989. Uvedený typ je vybaven rozhraním k procesoru s možností buď paralelního nebo sériového provozu, proto je velmi vhodný ve spojení s číslicovými signálními procesory. AD7840 má integrován vnitřní zdroj referenčního napětí +3 V a napěťový výstup.

První převodník D/A s rozlišením 16 b se objevil na trhu v roce 1981 pod označením AD7546. Od začátku roku 1989 je na trhu další nový převodník 12 b s rezistorovou sítí R2R a předřazeným převodníkem D/A 4 b, přes který dostává potřebné referenční napětí. Tento typ je slučitelný s mikroprocesory a je vybaven možností zpětného čtení, proto je vhodný pro použití v systémech ATE. Jeho specifickou vlastností je monotonnost 16 b v celém dovoleném rozsahu teplot a jeho doba zákmitu není delší než 7 ms.

Nejnovějšími součástkami v oblasti dvanáctibitových převodníků jsou typy AD7837, AD7847, dvojité D/A s portem, dále AD7233, AD7243, dvanáctibitové D/A s portem a sériovým rozhraním, a konečně AD7242 a čtrnáctibitový AD7244, oba úplné dvojité převodníky 12 b, popříp. 14 b se sériovým rozhraním.

Posledním nejnovějším výrobkem je osminásobný převodník D/A 12 b AD7568 se sériovým rozhraním, možností "Daisy-Chain", oddělenými referenčními vstupy a násobením ve všech čtyřech kvadrantech. Tento převodník je vhodný speciálně pro použití v oblasti řízení procesů a v oboru ATE.

Přehled základních vlastností převodníků CMOS D/A ve členění podle schopnosti rozlišení je v tab. 2.

Tab. 2. Přehled základních vlastností převodníků CMOS D/A podle schopnosti rozlišení

Rozlišení [b]	Výstup	Převodník D/A			
		jednoduchý	dvojitý	čtyřnásobný	osminásobný
8	U	AD7224	DAC-8228	AD7226 PM7226A	AD7228
8	I	AD7524 PM7524	AD7528 PM7528	DAC-8408	
12	U	AD7848	AD7247	DAC-8412	
12	I	AD7541A PM7541A	AD7547		AD7568
14	U	AD7840	AD7244		
14	I	AD7536			
16	U	AD7846			
16	I	–	–	–	–

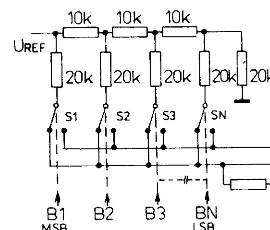
Rozdíly mezi převodníky bipolárními a CMOS

Z hlediska uživatele je výrobní proces integrovaných převodníků D/A převážně méně zajímavý než jejich skutečné technické specifikace a funkční vlastnosti. Při srovnání bipolárních a CMOS převodníků si však výrobní technologie vždy zaslouží pozornost, neboť podmiňuje určité rozdíly v provozních vlastnostech.

Výrobní technologie bipolárních převodníků D/A je obdobná technologii, která se používá ve výrobě tranzistorů, operačních zesilovačů a jiných lineárních obvodů. Bipolární převodníky D/A jsou založeny na bázi rychlého spínání paralelních proudových zdrojů (obr. 13). Velikost proudů se zvažuje binárně, každý dílčí proud se řídí zvláštním datovým bitem. Výstupní proud je pak součtem proudů proudových zdrojů, které jsou selektivně vybírány použitým číslicovým kódem. Vnitřní a vnější referenční napětí určuje úroveň plného rozsahu výstupu.

Převodníky CMOS D/A mohou být vybaveny proudovými nebo napěťovými výstupy. Oproti bipolárnímu protějšku mají převodníky CMOS D/A s proudovým výstupem pasívní analogovou cestu. To znamená, že výstup není řízen z proudového zdroje, ale z rezistorové sítě z přesných, vyvážených rezistorů, které se mohou spínat analogovým spínačem. Díky rezistorům s výbornou korelací, integrovaným na čipu, se dosahuje výstupní přesnosti 14 b a větší (jako např. u typu MX7538).

Převodníky CMOS D/A s proudovým výstupem (obr. 14) se často označují jako násobící převodníky. Jejich výstupní signál je produktem vstupního kódu (interpretováno jako zlomek s hodnotou mezi 0 a 1) a referenčního napětí. Tyto součástky akceptují mnoho signálů na referenčním vstupu. Převodníky CMOS D/A s napěťovými výstupy mají však referenční vstupy, které jsou kmitočtově a napěťově omezeny. Z dalších předností převodníků CMOS D/A oproti bipolárním typům je třeba vyjmenovat alespoň menší příkon, provoz s jednoduchým napájením a lepší stabilitu zesílení v závislosti na teplotě. Technologie

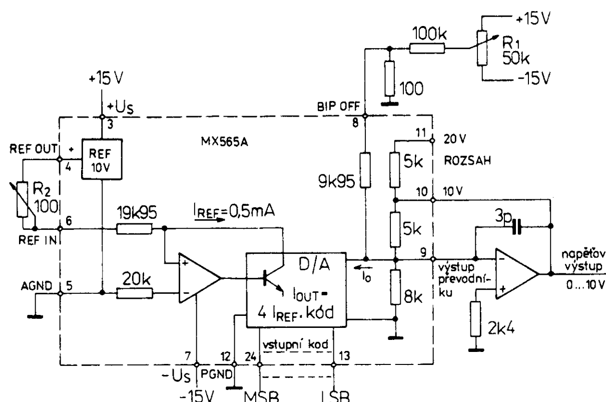


Obr. 14. Převodník CMOS D/A s proudovým výstupem obsahuje spínač a vyváženou rezistorovou síť. Číslicové vstupy jsou slučitelné s logikou TTL, DTL a CMOS

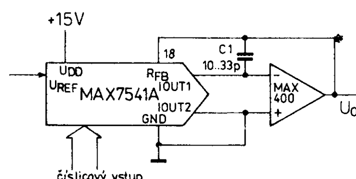
CMOS vyžaduje menší plochu vlastního křemíkového čipu. Tak např. integrovaný obvod MX7228 sdružuje osm převodníků D/A, jejichž napěťové výstupy mají rozlišení 8 b.

Horší chování výstupů je jednou z nevýhod převodníků CMOS D/A s proudovým výstupem. Protože výstupní proud nemá žádný aktivní zdroj proudu, převodník se chová lineárně pouze při spojení s nulovým potenciálem. Výstup těchto součástek je zpravidla připojen do součtového bodu vnějšího operačního zesilovače (obr. 15).

I když jsou bipolární převodníky D/A poněkud méně pružné než typy CMOS, mají bipolární typy mnohem lepší zákmitovou charakteristiku. Lepší vlastnosti výstupu jsou další přednost bipolárních převodníků. V mnoha



Obr. 13. Převodník A/D 12 b typu MX565A s proudovým výstupem v bipolárním provedení s aktivním tranzistorovým proudovým zdrojem. Jeho součástí je integrovaný převodník D/A



Obr. 15. Převodník CMOS D/A s proudovým výstupem a připojeným vnějším operačním zesilovačem, který zajišťuje napěťový výstup

zapojeních je možné zapojením rezistoru mezi proudovým výstupem a zemí dosáhnout výstupního napětí vhodné velikosti. Násobit mohou i bipolární převodníky, ovšem tento způsob použití je možný při restrikci polarity, omezení vstupního napětí a kmitočtových vlastností referenčního vstupu.

Bitové rozlišení a přesnost převodníků A/D a D/A

Rozlišovací schopnost je nejmenší stupeň amplitudy signálu, který může rozlišit datový převodník. Rozlišení je něco jiného než přesnost. U převodníků A/D je rozlišení chyba při kódování amplitudy signálu, zatím co u převodníků D/A se přesnost popisuje jako chyba při "výrobě" výstupního napětí nebo výstupního proudu. V katalogových listech nebo jiných technických specifikacích výrobců má rozlišení a přesnost podobnou nebo stejnou velikost, ovšem neplatí to ve všech případech.

Zatím co hodnotné převodníky A/D 12 b s výstupním napětím 10 V mohou rozlišovat napětí ve stupních po 3,5 mV, může se dosáhnout srovnatelné přesnosti výstupu (2,5 mV nebo 0,025 %) často jen s kalibrací a vyvážením. Přesnost 0,025 % nebo lepší bez vyvážení prodražuje převodníkové systémy s větším rozlišením, někdy je nelze vůbec vyrobit. Je-li součástka lineární, je specifikace celkové chyby (přesnost) bezvýznamná, neboť ostatní součástky zapojení vyžadují bezpodmínečně vyvážení.

Praktický příklad pro lepší znázornění: U elektronické váhy v supermarketu nelze dosáhnout požadované přesnosti 0,005 kg při plném rozsahu 12 kg bez kalibrace. Kalibrování kompenzuje chybu převodníků A/D, chybu přenosové cesty a jiných součástek. Cenově příznivější (a tedy méně přesné) součástky jsou však stejně dobré jako převodníky s nulovou chybou zesílení. V tomto případě je přesnější převodník nepoužitelný, neboť přídavné náklady je možné akceptovat jen tehdy, nemusí-li se systém vyvažovat.

Podobně to platí i u převodníků D/A. Cenově dostupný převodník MX7531J nabízí rozlišení 12 b a přesnost 8 b. Je-li systém kalibrován, je tato přesnost v každém případě akceptovatelná. Mnoho zapojení převodníků, např. převodník D/A používaný k nastavení zesílení operačního zesilovače, vyžaduje větší přesnost než rozlišení. Např. osmi zesilovacím stupňům odpovídá rozlišení 3 b, přesnost každého nastavení přitom musí být ovšem mnohem lepší.

Důležitost koncových bodů pro určení přenosové funkce

Přesný průběh přenosové funkce (mezi nulou a plným rozsahem) převodníku dat má při testu vliv na naměřenou přesnost. Rozhodující otázkou u převodníků A/D zůstává: Při jaké velikosti analogového vstupního napětí přechází výstupní kód z nuly (0..000) na 1 LSB (0..001), jako i z plného rozsahu minus 1 LSB na plný rozsah (1..111). Odpověď závisí na tom kterém výrobci součástky.

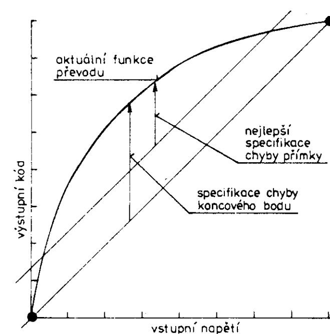
Podle všeobecné konvence je délka ideálního analogového kroku (LSB) převodníku A/D rovná $U_{REF}/2^n$. Řada výrobců pozoruje krok ideálního převodníku A/D v unipolárním provozu. Přitom nastává první změna číslicového výstupního napětí při analogovém vstupním signálu $0{,}5U_{REF}/2^n$, posledního kroku při U_{REF} $(1 - 1{,}5.2^n)$. Číslicový kód je přiřazen středu každého analogového kroku. Podle jiného, méně používaného pravidla nastává první změna kódu (0..000 na 0..001) při vstupním napětí $U_{IN} = U_{REF}/2^n$, poslední změna při $U_{IN} = U_{REF}$ $(1 - 2^{-2})$. Ideální velikost pro LSB je opět $U_{REF}/2^2$, avšak přechody kódu nastávají na kraji místo uprostřed. Přenosová funkce je tím o 0,5 LSB posunuta vůči výše popsanému postupu.

Specifikace nelinearity

Linearitu převodníku dat je možné definovat několika způsoby. Každý z nich má své opodstatnění, avšak množství odlišných specifikací způsobuje nejasnosti. Rozdílné měřicí metody jsou příčinou rozdílných výsledků testů linearity jedné a téže součástky. Jsme-li seznámeni s jednotlivými měřicími metodami, vyplatí se porovnávat převodníky různých výrobců. Dva z měřicích postupů linearity jsou popsány dále. Jde o metody nazývané "Best Straight Line" (nejlepší přímka) a "Koncový bod" (obr. 16).

Měřicí postup nejlepší přímky neumožňuje výrok o chybě nuly (ofsetu), chybě plného rozsahu nebo průběhu přenosové funkce. Vyčísluje pouze maximální odchylku od přímky (v LSB nebo procentech), která se nejvíce přibližuje přenosové funkci a přitom způsobuje nejmenší chybu. Skutečná poloha přímky není definována. Jako výsledek dostaneme čistou specifikaci linearity, neboť nevyhodnocuje žádnou jinou chybu. Určuje tedy nejlepší (nejnižší) číselný údaj pro jednu danou součástku.

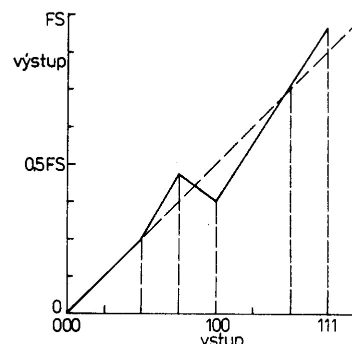
Metoda koncového bodu naproti tomu klade přímku mezi skutečné koncové body číslicové sekvence kódu převodníku. Měří se odchylky od této přímky bez ohledu na průběh nebo

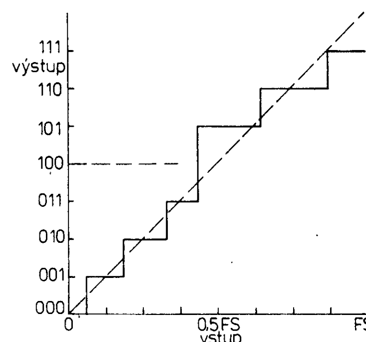


Obr. 16. Měřicí metody "Best Straight Line" a "Koncové body" poskytují rozdílné specifikace linearity téhož převodníku A/D

polohu přímky. Chyba linearity, naměřená touto metodou, je všeobecně větší než při předchozím postupu (Best Straight Line).

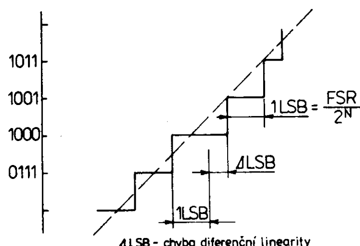
Specifikace linearity umožňuje výrok o tom, zda převodník A/D má mezery v kódu nebo zda převodník D/A má monotónní charakter (obr. 8). Při změně vstupního kódu zůstává výstup monotónního převodníku D/A nezměněn nebo se zvětší po krocích ve směru číslicové sekvence kódů. Někteří výrobci, mezi nimiž je





Obr. 17. a — Nemonotonní převodník D/A; b — převodník A/D s mezerami v kódu

i Maxim, zaručují toto chování uvedením v katalogovém listu, zatím co jiní je specifikují diferenciální nelinearitou. Tato veličina označuje existenci či neexistenci monotónie. Někteří výrobci uvádějí obě veličiny.



Obr. 18. Specifikace diferenciální nelinearity

Diferenciální nelinearita (DL) popisuje odchylku od ideální délky kroku (LSB) každého analogového stupně (obr. 18). Specifikace velikosti DL 0,5 (tedy 0,5 LSB) např. říká, že všechny stupně jsou nejméně 0,5 LSB dlouhé, avšak žádný krok není delší než 1,5 LSB. Údaj DL menší nebo rovný 1,0, ačkoli je to méně než požadovaná velikost, zaručuje monotónnost. Pokud je DL větší než 1,0, znamená to, že výstup je nejméně pro jeden kód obrácen ve směru, čímž bude porušena definice monotonie.

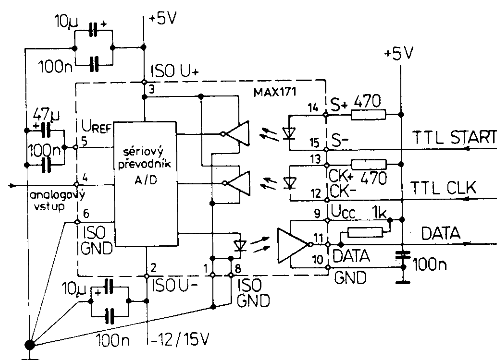
Šum, zemnění a Murphyho zákony

V dobře navrženém systému pro zpracování signálu je předprogramování zaručeno. Pokud tomu tak není, je problém často komplexní a skrytý. Příčinou mohou být poruchy součástek, nedostatečná přesnost nebo systém nesplňuje specifikace. Problémy vznikají často z nerespektování Ohmova zákona a základních principů elektromagnetické slučitelnosti. K jejich řešení mnohdy stačí jednoduché úkony — např. kompenzovat snímací hlavici měřicího osciloskopu či správně blokovat napájecí zdroj.

Zemnicí vývody se mají sbíhat do jednoho společného bodu. Tím se omezují na minimum zemnicí smyčky, které vlivem rušivých magnetických polí vyvolávají nežádoucí proudové vazby. Správně vedené zemnicí spoje zmenšují vliv protékajících velkých proudů (a odtud výsledný úbytek napětí) na referenční zem citlivých míst zapojení. Jednoduché řetězení zemnicích vývodů ovšem způsobuje vazbu těchto úbytků napětí, které mohou způsobit chyby stejnosměrného napětí a navíc zákmity.

Analogové a číslicové integrované obvody při přesném měření by měly být napájeny odděleně. Ideální je, jsou-li analogové a číslicové části zapojení navzájem úplně izolovány. Realizovat tyto zásady není v praxi vždy možné a v žádném případě to není levná záležitost. U integrovaných převodníků D/A a A/D je však nedostatečné oddělení analogové a číslicové části možné. Má-li součástka odděleně vyvedeny zemnicí vývody pro analogovou a číslicovou část, spojují se oba vývody v zemnicím bodě analogového systému. Dalším účinným kompromisem je upravit napájecí zdroj přídavným vyhlazovacím členem *RC* jak pro analogovou část, tak pro převodník.

Obr. 19. Integrovaný obvod MAX171 zjednodušuje izolaci signálu; mimo převodník A/D 12 b se sériovým rozhraním má integrovány tři optoelektronické vazební členy ve společném pouzdru



V každém případě je dobré zvážit, zvlášť když se předpokládá další rozšíření systému, zda šetřit na blokovacích součástkách nebo zemnicích spojích. Vhodné uspořádání proti rušivým vlivům v napájecí větvi chrání zařízení před ovlivňováním rychlých číslicových přechodů logiky. Stínění, pokud je nutné, má být provedeno jako "vodotěsné" prodloužení kostry nebo pouzdra. Stíněné kabely se mají zemnit jen jedním koncem, nejlépe v nejbližším místě společného zemnicího vývodu.

Analogové signály malé úrovně mají být digitalizovány co "nejtěsněji" u zdroje signálu nebo zesíleny na největší zpracovatelnou velikost. Jinak se mohou vyskytnout rušivé signály, které jsou spoluzesilovány s užitečným signálem ještě před převodníkem. K dalšímu zmenšení rušení je vhodné oddělit signály s malou úrovní od rozvodu hodinového signálu, relé a jiných rušivých prvků. Znovu je třeba připomenout: Analogová a číslicová zapojení je nutné na desce s plošnými spoji pokud možno oddělit nebo je třeba je umístit na samostatné desky. Velmi slabé signály se doporučuje podle místních podmínek zpracovávat v samostatném stíněném pouzdru uvnitř hlavního pouzdra.

Při vyhledávání závad v analogových systémech pro zpracování dat není užitečné se věnovat emulátorům a vývojovému systému. Při použití číslicových "nástrojů" ušetříme mnohem více času, avšak výsledkům je nutné věnovat velkou pozornost. Tyto nástroje nabízejí informace o stavu technického řešení až z druhé ruky. Jsou totiž nepřímo svázány se stejným problémem, který právě řešíme.

Jestliže je problém již lokalizován, odstraněn či překlenut, je třeba přezkoušet oddělovací stupně, integrované obvody ve sběrnicích a rozhraních, popříp. další součástky, které mohou závadu překrývat nebo zkreslovat. V podstatě není žádná vhodná náhrada za přímé měření bezprostředně na vývodech podezřelých součástek. Jednoznačně přesvědčivé a průkazné měření je přímé pozorování na stínítku dobrého osciloskopu.

Uvedené rady jsou jen nejzákladnější informace o tom, co můžeme učinit při zpracování integrovaných převodníků, abychom se dopracovali úspěšného výsledku. Integrované převodníky jsou komplexní součástky, které úspěšně nahrazují dříve používaná hybridní nebo diskrétní řešení a přes veškeré potíže a záludnosti zjednodušují, zlevňují a rozměrově zmenšují konstrukci systémů převodníků.

Doporučení pro použití rychlých převodníků s velkým rozlišením

U převodníků D/A s velkým rozlišením se musí respektovat druh výstupu — napěťový nebo proudový. Převodníky s napěťovým výstupem vyžadují zvláštní pozornost při zpracování signálu na cestě k dalšímu stupni. U převodníků s proudovým výstupem k tomu navíc přistupuje nutnost správně vybrat nejvhodnější typ vnějšího operačního zesilovače pro převodníky proudu na napětí. Aby se dodržela linearita převodníku, musí se dodržet vhodná velikost zesílení otevřené smyčky a malá napěťová nesymetrie. Protože převodníky tohoto typu se často používají v kalibrovacích přístrojích a měřicích systémech, určují teplotní stabilitu, popříp. tepelnou závislost celého systému, v němž jsou použity.

Protože vše, co bylo uvedeno, závisí na použitém typu převodníkového obvodu, dále na rozlišovací schopnosti a oboru použití, nelze poskytnout všeobecně platný návod pro vyřešení všech vyskytujících se problémů. V podstatě platí všechny dále uvedené zásady pro použití rychlých převodníků.

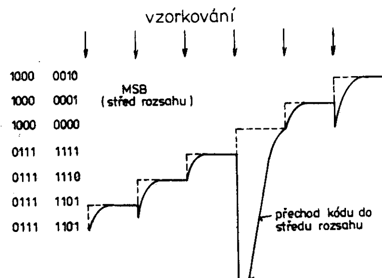
Rychlé převodníky D/A

Rychlé převodníky D/A se používají hlavně ve video systémech, ve vektorové grafice nebo rychlých a přesných zdrojích signálů, popříp. při přímé číslicové syntéze (ODS). Všechny převodníky D/A mají jedno společné slabé místo, které se podle použitého zapojení a postupu převodu projevuje více či méně intenzívně, a to jsou rušivé impulsy zvané "glitches".

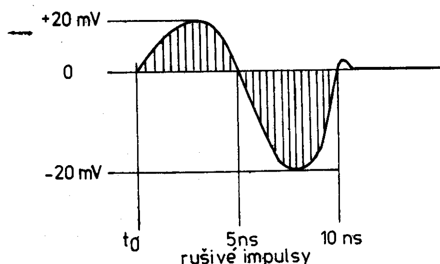
Tyto rušivé impulsy vznikají při

změně číslicového vstupního kódu v důsledku parazitních kapacit a nestejného spínání vnitřních proudových spínačů. Změna napětí řídicí elektrody (hradla) vůči emitoru způsobuje přebíjecí pochody v nestejných kapacitách kondenzátorů daných přípustnými tolerancemi, čímž se vyvolávají vyrovnávací proudy. V následujícím převodníku proudu na napětí v důsledku tohoto vyrovnávacího proudu vznikají na výstupu napěťové špičky neboli rušivé impulsy "glitch". Velké rušivé impulsy vznikají tehdy, jestliže proudový spínač v převodníku D/A nespíná současně všechny bity. Přechod MSB směrem ke středu rozsahu je nejvíce kritické místo (obr. 20).

Zavedením filtrace na výstupu je možné pouze zmenšit amplitudu popsaných rušivých impulsů, ne však



Obr. 20. Rušivé impulsy (glitch) při přechodu převodníku D/A ve stavu MSB



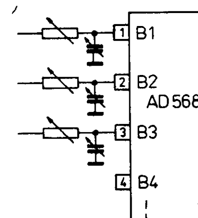
Obr. 21. Typický průběh a definice velikosti rušivého impulsu (glitch)
G = (G+) - (G-); G+ = 2,5 ns. 20 mV = = 50 mVns;
G- = 2,5 ns. 40 mV = 100 mVns;
G = 50 mVns = 50 pVs

Tab. 3. Zlepšení přesnosti převodníků D/A (AD568) v závislosti na použité řídicí logice

Logická řada	Doba náběhu 10 až 90 % [ns]	Doba zákmitu D/A [ns] 1 %	0,1 %	0,025 %	Energie impulsu "glitch" [pVs]	Napětí náběžné hrany [mV]
TTL	11	18	34	50	2 500	240
LSTTL	11	28	46	80	950	160
STTL	9,5	16	33	50	850	150
HCMOS	11	24	38	50	350	115
FAST	12	16	36	42	1000	250

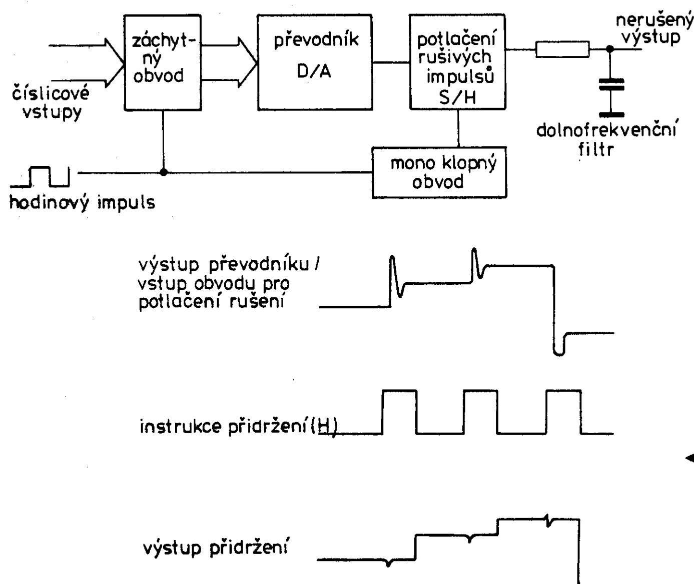
omezit jejich energii, tzn. že se jen prodlouží šířka impulsů. Tento jev může snadno vést k větším zkreslením a nelinearitám. Účinná metoda vedoucí k účinnému omezení rušivých impulsů vyžaduje zařadit vzorkovací a přídržné zesilovače. Bezprostředně před změnou kódu je vzorkovací a přídržný zesilovač, zvaný též "deglitcher", převeden do přídržného stavu. Tím jsou rušivé impulsy izolovány od výstupu. Zesilovač bude v přídržném stavu jen tak dlouho, až se převodník D/A převede na novou hodnotu kódu. Obr. 21 ukazuje typický průběh rušivého impulsu "glitch" a jeho definici k údaji v katalogovém listu. Na obr. 22 je úplné blokové zapojení k potlačení popsaných rušivých impulsů s příslušnými průběhy signálů.

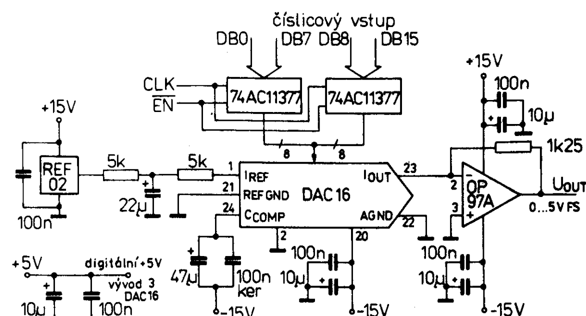
V některých případech může druhá, poněkud jednodušší metoda zmenšit velikost rušivých impulsů. Vnějšími filtračními členy *RC*, zařazenými do obvodů tří číslicových vstupů s největší úrovní, se vytvoří časové zpoždění (obr. 23). Použité rezistory a kondenzátory musí být vyváženy tak, aby impulsy při přechodu kódu z 011...1 na 100...0 a zpět byly co nejmenší. U dvanáctibitového převodníku D/A 30 MHz typu AD568 se popsaným uspořádáním, v němž bylo použito k řízení zmenšení rušivých impulsů hradlo HCMOS, zmenšilo rušivé napětí až na 100 pVs (z původní velikosti 350 až 250 pVs).



Obr. 23. Zpožděné spínání tří bitů MSB pomocí filtrů RC, které slouží ke zmenšení velikosti rušivých impulsů (glitch)

Na obr. 24 je elektrické zapojení rychlého měřicího systému 16 b (500 ns) s velkým rozlišením, který je osazen integrovaným převodníkem D/A DAC16. Na tomto případě je možno ověřit nutnost blokování vstupů z datové sběrnice. Velmi strmé náběžné hrany číslicových vstupních signálů ze sběrnice se velmi snadno přenášejí do analogové části převodníku a způsobují rušivé impulsy a nestabilitu výstupu. Pomocí vnějších bistabilních záchytných obvodů se dosáhne izolace citlivého převodníku od aktivity sběrnice. Přitom se zmenší rozdíly v době zpoždění (tedy zvětšení amplitudy rušivých impulsů) na minimum, jestliže se umístí integrovaný záchytný obvod co nejblíže k vývodům převodníkového obvodu D/A (vzdálenost má být asi 5 mm nebo menší).





Obr. 24. Zapojení rychlého měřicího systému s převodníkem D/A s vysokým rozlišením 16 b s potlačením vazby datové sběrnice a zachytného obvodu

◀ *Obr. 22. Skupinové zapojení a průběhy signálu pro potlačení rušivých impulsů (glitch) pomocí jednoho vzorkovacího-přídržného zesilovače*

Nakolik bude popsané uspořádání účinně působit v praxi na šumové vlastnosti, závisí navíc na druhu použité logiky. V tab. 3 je přehled různých logických řad a jejich vliv na přesnost a velikost rušivých impulsů "glitch". Popsaná doporučení k úpravě jak elektrického zapojení, tak návrhu desek s plošnými spoji se mohou úspěšně použít rovněž ve spojení s pomalejšími převodníkovými obvody a dále pro převodníky s menším rozlišením. Jsou to však pouze nejzákladnější a nejdůležitější zásady správné práce.

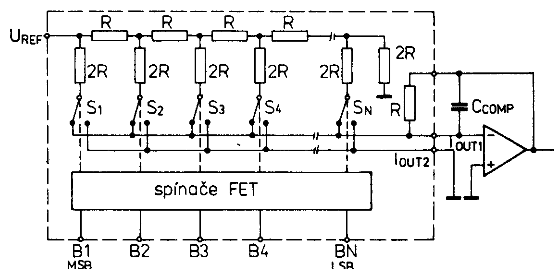
Zmenšení rušení převodníků CMOS D/A

Rozlišení a přesnost převodníků D/A jsou v praxi dvě zcela rozdílné vlastnosti. Často podstatně ovlivňují obě navzájem svázané rušivé veličiny přesnost převodníku. Následující odstavce se zabývají vznikem nejčastějších příčin chyb u převodníků D/A a jejich potlačením. Přitom se vychází z obou provozních podmínek — napěťového nebo proudového módu a jsou podrobně vysvětleny pojmy jako výstupní svodový proud, chyba zisku, rušení impulsy "glitch", chyba linearity, nesymetrie, šum a zkreslení.

Převodníky D/A s rozlišením větším než 12 b jsou již běžně nabízené součástky. Ve spotřební a zvukové technice nelze prakticky nalézt přístroje, které pracují s převodníky s rozlišením "jen" 14 b. To svádí k domněnce, že velké rozlišení a přesnost převodníků je možné snadno zajistit v sériové výrobě. Protože rozlišení a přesnost nejsou identické, stává se, že v katalogovém listu převodníku se specifickým rozlišením 16 b je uváděna přesnost jen 14 b. Je to běžná věc, která nepředstavuje žádnou větší nevýhodu, jestliže se převodník použije v systému, v němž se pracuje jen s malou četností chyb (například v akustickém rozsahu).

Převodník 14 b, přesněji 16 b přináší oproti převodníku s rozlišením 14 b podstatný zisk dynamiky, neboť jeho maximální chyba 16 b se neprojeví v každém použitém kódu. Střední přesnost je tedy větší než 14 b.

Jestliže se v převodníkovém systému nedosáhne specifikované přesnosti, kterou udává výrobce převodníkového obvodu ve vhodném kódu, provozuje se převodník D/A v chybném bodu mimo specifikovanou oblast, popříp. příčinou je chyba v návrhu celého zapojení. Rušivé veličiny, které ovlivňují přesnost převodníku, mohou být různé a neprojevují se ve všech provozních podmínkách stejně intenzívně. Proto ne všechny doporučené úpravy jsou platné ve všech provozních podmínkách. Zčásti jsou jevy navzájem silně svázány a jejich izolace je sotva možná. V krátkosti ovšem nelze vyjmenovat všechny příčiny chyb a navrhnout jejich odstranění. Proto jsou zde popsány jen nejčastěji se vyskytující chyby a pak takové chyby, u nichž optimalizovaný návrh čipu nabízí pomocné konstrukční prostředky k jejich eliminování.

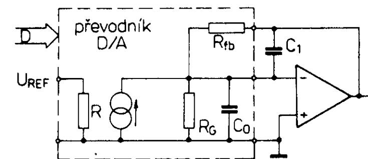


Obr. 25. Zjednodušené vnitřní zapojení převodníku CMOS D/A s integrovanou rezistorovou sítí R/2R, která se skládá z tenkofilmových rezistorů a spínačů FET

K porozumění chybám se musíme vrátit k základní konstrukci převodníku D/A. Rezistorový dělič R/2R v tenkofilmové rezistorové síti a spínače s polem řízenými tranzistory (obr. 25) jsou vyrobeny technologií CMOS. Podle přivedeného číslicového slova (kódu) se bude v rezistorové síti protékající proud dělit do různých síťových větví. Na vývodech OUT1 a OUT2 jej bude možné odebírat. K dosažení výstupního napětí, proporcionálního číslicovému vstupnímu kódu, se používají dva způsoby zapojení — napěťový a proudový mód.

U napěťového módu se přivedené referenční napětí podle použitého datového slova rozdělí mezi výstupy OUT1 a OUT2 a je k dispozici se stejnou impedancí a stejnou polaritou jako referenční napětí na vývodu U_{REF}. Toto napětí se musí popřípadě upravit pomocí operačního zesilovače podle požadavků na celé zapojení. Uvedená metoda funguje jednak jen pro malá napětí mezi OUT1 a OUT2, jednak má další nevýhody, jako např. větší chybu plného rozsahu nebo špatnou linearitu. Pro převodníkové systémy s větší přesností není proto napěťový mód vhodný. Dále k tomu přistupuje skutečnost, že impedance obvodu na vývodech OUT1 a OUT2 není konstantní a referenční napětí se musí proto oddělit zvláštním stupněm. Předností napěťového módu je zúžený rozsah rušivých impulsů a možnost provozu s jedním napájecím napětím.

V proudovém módu může protékat v rezistorové síti proud, pokud je k vývodu U_{REF} připojeno referenční napětí. Podle přivedeného datového slova se proud rozdělí mezi výstupy OUT1 a OUT2. Pro připojený operační zesilovač představuje odporová síť proměnný proudový dělič, který je nastavován číslicovou vstupní informací. Operační zesilovač pracuje jako proudově řízený zdroj napětí a přeměňuje proud, přicházející z výstupu OUT1, podle číslicové vstupní informace na napětí. Výstupní napětí na výstupu operačního zesilovače má

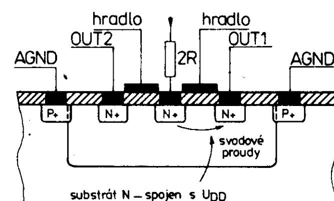


Obr. 26. Náhradní obvod převodníku D/A, který pracuje v proudovém módu (D Uref)/R

obrácenou polaritu vůči referenčnímu napětí. Na obr. 26 je náhradní zapojení převodníku D/A s proudovým provozním módem. Všechny další informace a příklady se vztahují na použití převodníku D/A v proudovém módu.

Výstupní svodové proudy

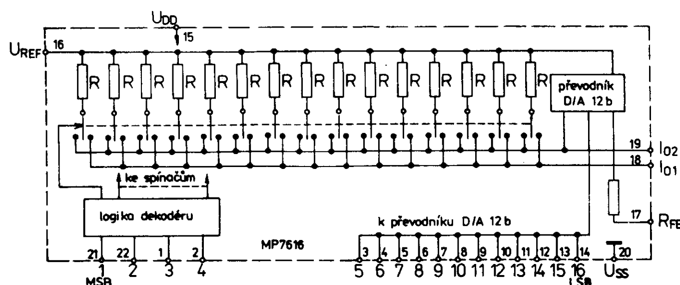
Jestliže se přivede datové slovo "000 . . ." na číslicové vstupy převodníku D/A, nemůže vlastně protékat výstupem OUT1 proud. Totéž platí o výstupu OUT2 při vstupním datovém slovu "111 . . ." Přesto v obou případech protéká určitý proud, který nazýváme svodovým proudem a který způsobuje posunutí výstupní charakteristiky. Svodový proud je vyvolán dvěma důvody, navíc je silně závislý na teplotě. Při teplotě vyšší než +90°C je údaj platný, s přírůstkem teploty o 10K bude přibližně dvojnásobný. Svodové proudy vznikají ve spínačích FET (obr. 27), kterými v rozpojeném stavu protéká svodový proud, neboť pozitivně dotovaná prohlubeň, do které jsou uloženy elektrody, není zcela prostá nábojových nosičů a tím je nedokonale izolována. Právě tak stále protéká trvalý svodový proud ze substrátu do prohlubně P. U převodníku MP7637 s rozlišením 16 b je možné tento svodový proud udržet malý i při vysokých teplotách přivedením napětí asi — 300 mV.



Obr. 27. Řez technologickou strukturou systému spínačů FET převodníku CMOS D/A. Ve spínačích FET vznikají zbytkové proudy, kterými protéká i ve vypnutém stavu zbytkový proud ve směru od emitoru ke kolektoru

V ideálním případě dodává *n*bitový převodník D/A maximální výstupní napětí $U_{max} = -U_{ref} (1-2^n)$. Protože toto napětí závisí na zpětnovazebním rezistoru R_{fb} a na rezistorové síti, odlišuje se skutečné výstupní napětí od ideální velikosti a to natolik, nakolik přesně se shoduje R_{fb} s rezistorovou sítí. Způsobuje to méně nebo více nakloněná výstupní charakteristika. Tato odchylka od ideální konečné hodnoty rozsahu se nazývá chyba rozsahu (Gain Error). Ponejvíce se udává jako odchylka od ideální hodnoty kroku LSB nebo v procentech. U převodníků CMOS s rezistorovou sítí R/2R je integrován na čipu zpětnovazební rezistor R_{fb}, čímž se dosahuje velmi malé chyby bez vnějšího vyvážení.

U dekódovaných převodníků D/A je vložen navíc "umělý" spínač FET do série s rezistorem R_{fb}. Tím se dosáhne absolutně identického poměru k rezistorové síti, neboť spínač FET v odbočce 2R změní svůj odpor v závislosti na přivedeném napětí a teplotě. U bipolárních převodníků D/A, které pracují na principu spínaného proudového zdroje, není rezistor R_{fb} monoliticky integrován. Vnější vyvážení rezistory je nelze obejít. Rezistory však svůj odpor mění s měnící se teplotou, přičemž mírou změny je jejich skutečný teplotní součinitel TK. Mění-li se teplota rezistorové sítě a zpětnovazebního rezistoru a tím velikosti odporů, mění se též chyba rozsahu a tím též teplotní součinitel. Pokud jsou rezistorová síť a zpětnovazební rezistor ze stejného materiálu a jsou-li na společném čipu, tzn. mají-li stejnou tepelnou základnu, mění se jejich absolutní velikosti stejnou měrou. Poměr obou údajů zůstává tedy téměř konstantní. Převodník 16 b MP7637 má např. teplotní součinitel chyby rozsahu (Gain Error Temperature Coefficient) jenom 2 ppm/K, tzn. při změně teploty o 10 K se změní konečná hodnota rozsahu převodníku D/A pouze o 0,002 %.



Obr. 28. Vnitřní zapojení převodníku D/A 16 b typu MP7616, dekódovaného 4 MSB, v němž se dělí proud v závislosti na čtyřech nejvyšších datových bitech přes 16 rezistorů do 16 dílčích proudů

Rušivé impulsy

Rušivé impulsy "glitch" vznikají vazebními a přebíjecími pochody na parazitních kapacitách spínačů FET. Přitom se přenášejí změny úrovně číslicových vstupů kapacitně na výstup. Další příčinou jsou nestejné zapínací a vypínací časy spínačů FET. Při změnách vstupních dat jsou některé spínače v zapnutém stavu, jiné ve stavu ještě nezapnutém. Tak vznikají nedovolené mezistavy, které se zobrazují jako napěťové špičky s krátkou dobou trvání. Vzniklé impulsy jsou přitom o to větší, čím větší je proud, který má příslušný spínač přepnout. Z tohoto důvodu jsou tyto rušivé impulsy, které vznikají přepnutím kódu MSB, zvlášť nebezpečné a v převodníkovém systému mohou působit velmi rušivě. Jsou o to nebezpečnější, že střed pásma, ve kterém se MSB přepíná, je v mnoha případech použití nejčastější. Především v nf oblasti je střed pásma ponejvíce místo s nejmenší hlasitostí. Znalost toho, že rušivý impuls je o to větší, čímž je větší proud, který se přepíná, vede ke změně struktury rezistorové sítě. Proto se MSB nepřivádí na odbočku rezistoru, který přepíná proud podle binární důležitosti na datové vstupy, ale na dekodér.

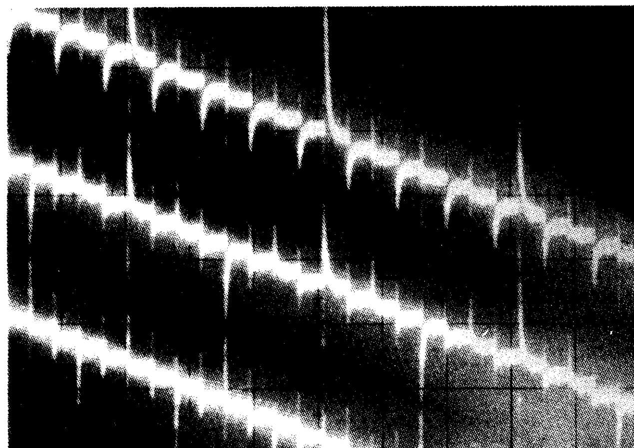
Dekodér dělí proud, který protéká do vlastní rezistorové sítě R/2R v závislosti na velikosti nejvyššího platného bitu, do menších dílčích proudů (viz obr. 28). 16bitový převodník MP7616 se čtyřmi vývody MSB dělí proud, v závislosti na čtyřech nejvyšších datových bitech, přes 16 rezistorů do 16 "dílů". Jemné nastavení pak následuje přes 12bitový převodník D/A s rezistorovou sítí R/2R. Údaje v katalogových listech o rušivých impulsech "glitch", které jsou měřeny přes plný zdvih výstupního napětí, nepřipouštějí v praxi u dekódovaných převodníků žádné vracení energie impulsu v důležitém středu rozsahu. Protože se měření uvádí jen pro určité kombinace převodníku s operačním zesilovačem, můžeme snadno údaje v katalogových listech o energii impulsů glitch zanedbat. U převodníku se čtyřmi vývody MSB je možné v praxi tento údaj zmenšit o činitel 8 oproti nedekódovaným převodníkům D/A (obr. 29). Protože je k dispozici mnoho norem převodníků D/A i v dekódovaném provedení, může přinést nasazení dekódovaného převodníku D/A určité přednosti i v právě vzniklých systémech.

Důležitým činitelem pro zmenšení impulsního rušení je volba vhodného operačního zesilovače, který bývá v tomto případě označován též jako sledovač převodníku D/A. Základní doporučení pro optimální sledovač převodníku D/A neexistují, neboť požadavky jsou velmi různé a v neposlední řadě je rozhodující i ekonomické hledisko. Doporučuje se proto vyzkoušet několik různých typů operačních zesilovačů. Určitý vliv má i zpětnovazební kapacita paralelně připojená k Rfb, která má kompenzovat výstupní kapacitu převodníku. Jestliže neklademe obecně velké požadavky na dobu ustálení (Settling Time), tj. dobu, po níž se objeví nastavený údaj na výstupu, může se zvolit tato kapacita poněkud větší než je potřebná. Ta pak zmenšuje amplitudu rušivých impulsů, impulsy budou širší, přičemž jejich energie bude přibližně stejná.

Chyba linearity nesymetrie

Impedance, která se projevuje na záporném vstupu sledovače převodníku D/A, je závislá na číslicovém vstupním signálu převodníku a průběžně se s ním nemění. S datovým signálem na převodníku D/A se tím mění zesílení smyčky operačního zesilovače, které se společně podílejí na chybě nelinearity. Projevuje se to ve zmenšené diferenční a integrální linearitě, která u operačního zesilovače, který nemá minimalizovanou chybu nesymetrie, vede k chybě monotónie a zakřivení charakteristiky. Chyba monotónie znamená, že zvýšení vstupní hodnoty u některých datových kódů vede místo

Obr. 29. Osciloskopický záznam tří různých převodníků D/A. Zřetelně je možné rozeznat rušivé impulsy "glitch" různé velikosti. Nahoře je nedekódovaný převodník, uprostřed dekódovaný převodník 2 MSB, dole dekódovaný 4 MSB



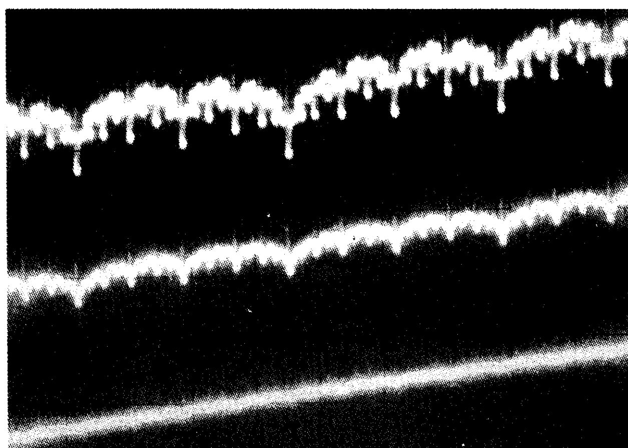
ke zvýšení vstupní hodnoty k jejímu zmenšení. Nejsilněji se projevuje tento rušivý jev v bodě největší změny impedance, jmenovitě při změnách MSB, tedy uprostřed rozsahu. V tomto bodě je chyba linearity nesymetrie (Noise Gain Error) velmi obdobná impulsu "glitch".

Změny výstupního signálu převodníku D/A je možné pozorovat i na stínítku osciloskopu. Zatímco však rušivý impuls představuje dynamický jev, projevuje se chyba linearity nesymetrie i ve statickém provozu. Rovněž ve vztahu k chybě linearity nesymetrie přináší dekódovaný převodník přednosti, neboť u něj není tak velká maximální změna impedance na výstupu jako u nedekódovaného převodníku. Dobré diferenční linearity je proto možné dosáhnout jednodušším způsobem (obr. 30). Rozhodující součástkou je též operační zesilovač použitý pro sledovač převodníku D/A. Zesilovače s menší napěťovou nesymetrií a malým klidovým vstupním proudem pomáhají zmenšit chybu linearity nesymetrie.

Pro lepší pochopení příklad. Nedekódovaný převodník MP7541 způsobuje v daných provozních podmínkách, uvedených v katalogovém listu, chybu diferenční linearity nesymetrie 670 µV/V x U_{OS}. Jesliže se použije sledovač převodníku D/A s napěťovou nesymetrií 1 mV, vznikne chyba diferenční linearity nesymetrie 670 V. Při referenčním napětí 10 V tato chyba odpovídá u 14bitového převodníku odchylce 1 LSB, a je tedy právě platná. Převodník D/A, dekódovaný 2 MSB, tuto chybu zmenšuje na polovinu, převodník 16 b MP7616 se stejným sledovačem převodníku D/A jako v předešlém případě, způsobuje diferenční chybu linearity nesymetrie pouze 65 V. Samotné rozlišení 16 b je právě chyba 1/2 LSB. Dekódovaný převodník D/A může vyloučit použití laserem trimovaného operačního zesilovače, popříp. ruční vyvážení nesymetrie trimovacím potenciometrem.

Šum a zkreslení

Převodníky CMOS D/A mají v podstatě velmi malý šum a zkreslení. Ve srovnání s integrovanými převodníky, které se používají v nf technice, převodníky s rezistorovou sítí R/2R nevytvářejí žádný kvantifikovaný šum, jestliže se má udržet konstantní velikost výstupní veličiny. Integrované převodníky mají k tomu ještě rychlostí převodu omezenou náběhovou rychlost signálu, tzn., že větší skoky výstupního signálu mohou provádět jen velmi zvolna. Zkreslení, které produkují převodníky CMOS, je asi — 90 dB, šumové napětí asi 70 nV/$Hz^{1/2}$. Tyto údaje jsou ovšem závislé na připojeném operačním zesilovači.



Obr. 30. Osciloskopický záznam chyby linearity ofsetu (chyba šumového zisku). Nahoře nedekódovaný převodník D/A, uprostřed dekódovaný 2 MSB, dole dekódovaný 4 MSB

Pravidla návrhu

Výběr špičkových součástek a správné zapojení nejsou ještě zárukou bezvadné funkce špičkových převodníků D/A. Nevhodné geometrické uspořádání součástek na desce s plošnými spoji, nedokonalý napájecí zdroj, zemnění a stínění nebo nevhodné vedení signálových spojů mohou narušit funkčnost systému. Napájecí zdroj má mít co nejmenší šum, přívody k převodníku a připojenému operačnímu zesilovači musí mít malý vnitřní odpor. Blokovací kondenzátory je nejlépe volit jako kombinaci tantalových a keramických kondenzátorů, které se musejí připojit co nejblíže k napájecím přívodům integrovaného obvodu.

Téměř všechny převodníky D/A mají oddělené vývody k zemnění analogové a číslicové části převodníku. Vyžadují rovněž na desce s plošnými spoji dva oddělené zemnicí spoje, které vedou do hlavního zemnicího bodu. Přitom se musí dbát na to, aby tento bod nebyl poblíž součástek, které působí silně rušivě na napájecí přívody. Impedance zemnicích spojů k zemnicímu bodu s malou impedancí se musí zajistit pokud možno co nejmenší. Ideálním případem je bod, do něhož je připojeno přímo napájecí napětí. Jestliže napájecí číslicové části produkuje velký šum, je možné potlačit vazbu číslicového a analogového napájení cívkou nebo rezistorem s malým odporem. Toto opatření se doporučuje použít jen v krajním případě. Podstatně lepší řešení je přepracovat návrh vedení spojů na desce s plošnými spoji.

Velkou pozornost je nutné věnovat referenčnímu napětí, které musí být přesné, teplotně stabilní a bez šumové složky. Výstupní napětí převodníku je na něm přímo závislé. Uspořádání součástek na desce s plošnými spoji se musí volit tak, aby sledovač s operačním zesilovačem byl co nejblíže u obvodu převodníku. Dosáhne se tím co nejkratších spojů proudového výstupu převodníku se vstupy operačního zesilovače s velkou impedancí. Kompenzační kondenzátor, připojený paralelně k rezistoru Rfb, musí být umístěn mezi převodník a sledovač převodníku. Zemnicí spoje musí být vedeny tak, aby procházely mezi analogovými spoji a spoji s velkým průtokem proudu (např. číslicové spoje), čímž se dosáhne dobrého odstínění. Velké stínicí plochy, které jsou spojeny se zemí, zmenšují oboustranné kapacitní a indukční ovlivňování vodivých spojů a součástek na desce s plošnými spoji. Dá se říci, že rovněž zmenšují elektromagnetické ovlivňování z okolí.

Při realizaci převodníkových systémů D/A jako zásuvných kazet do osobních počítačů je třeba věnovat zvlášť velkou pozornost elektromagnetické slučitelnosti. Rychlé sběrnicové systémy a spínané síťové zdroje vyžadují nákladná opatření na odstínění, jestliže výstupní signál převodníku nemá šumět. Právě u spínaných síťových zdrojů je potřebné účinně filtrovat napájecí napětí tak, aby se zabránilo rušení převodníkového systému.

Vezmeme-li v úvahu všechny obtíže, které se vyskytnou, požadujeme-li přesnost větší než 12 b, pak při návrhu systému se doporučuje dobře zvážit, zda je skutečně potřebná přesnost převodníku 14 b nebo 16 b. Ušetří se tím značné finanční prostředky.

Kolikabitový převodník D/A postačí?

Převodníky D/A jsou poslední dobou nezbytnou součástkou každého digitálního zvukového přehrávacího systému, přičemž je lze považovat za skutečně kritickou součástku zařízení HiFi. Převodníky D/A v nich zajišťují choulostivé úkoly, neboť převádějí uložená binární slova 16 b na páscích nebo kompaktních deskách (CD) na analogové signály, vhodné k dalšímu zpracování pro poslech lidským sluchem.

V současné době se používají dvě techniky převodu číslicových signálů na analogové, které jsou reprezentovány jednak známým převodníkem s rezistorovou sítí R-2R, jednak převodníkem Oversampled-Noise-

Shaping (ONS). Posledně jmenovaný převodník má dva "podtypy", převodník MASH (byl vyvinut japonskými laboratořemi NTT) a převodník s proudovými bity (z laboratoří holandského koncernu Philips). Oba tyto převodníky jsou svým návrhem téměř stejné, odlišují se však v uspořádání šumové smyčky (Noise-Shaping).

Převodníky s rezistorovou sítí R-2R byly první součástky, které byly použity v digitálních nf systémech a dosud se v nich používají, i když význam vzorkovacích převodníků v posledních letech roste. U převodníků D/A je základním předpokladem, že každý bit odpovídá hodnotě, která má polovinu velikosti v pořadí následujícího vyššího bitu. Jestliže je tento bit vložen, připočte se proud, jehož velikost určují odpory rezistorové sítě, k výstupnímu proudu. Výstupní proud se převodníkem proudu na napětí buď vnitřně nebo vnějším integrovaným operačním zesilovačem přemění na napětí. Hlavním problémem uvedeného řešení je přesnost, s níž je možné vyvážit velikost jednotlivých bitů. Protože proudové bity jsou určeny rezistory, závisí přesnost převodníku D/A na přesnosti nastavení rezistorové sítě. Ještě před několika málo lety byla tehdy značná přesnost 14 b prakticky nedosažitelná. Na současném trhu jsou již monolitické převodníky D/A s přesností až 20 b.

Při provozu s velkými signály může být odchylka, způsobená chybou bitové hodnoty velmi malá, při provozu s malými signály může být úměrně větší. Rozdíly mimoto vznikají mezi číslicovým zkreslením špatně vyváženými rezistory rezistorové sítě převodníku a dále zkreslením nelineárním mechanismem. Analogové zkreslení je často bez problémů a nejeví se jako diskontinuitní, zatímco zkreslení způsobené nepřesným převodníkem může vykazovat silné diskontinuity v rovnoměrných odstupech.

Ačkoliv oba druhy zkreslení mohou zajistit velmi dobré vlastnosti při plném rozsahu, při analogovém zkreslení se zvětšuje podíl zkreslení s klesající amplitudou signálu a u digitálního zkreslení zůstává stejný v celém rozsahu amplitudy. To znamená, že celkové harmonické zkreslení, měřeno jako poměr signálu ke složce zkreslení, se zvětšuje s klesající úrovní signálu a rušivý šum bude slyšitelný, bude-li signál dostatečně malý a nelinearita dostatečně špatná. K zamezení těchto slyšitelných výsledků bitových chyb se používá jednoduchý postup. Chyba, která běžně nastává uprostřed kódu převodníku, se posune ze středu na jinou hodnotu. Takto mohou malé signály postoupit do lineárnější části převodníku a pouze velké signály v nejhorším případě zasáhnou chybu. Popsanou úpravou se zmenší zkreslení při provozu s malým signálem.

Převodníky MASH a převodníky s proudovými bity

Bez pečlivě vyvážených proudů nebo napětí vyrábí převodník MASH i převodník s proudovými bity výstupní signál 1 b s rychlostí hodinového kmitočtu, který je podstatně vyšší než jmenovitý snímací kmitočet 44,1 kHz.

Jsou dvě cesty, jak vysvětlit funkci těchto převodníků. Jedna využívá časového, jedna kmitočtového rozsahu.

Analogový signál 1 b má pouze dvě úrovně, proto chyba kvantování je velmi velká. Protože se však zpracovává velmi vysoký hodinový kmitočet, může se mezi oběma úrovněmi inteligentně přepínat, čímž se většina zkreslení ze záznamu na pásku potlačí. Sinusový signál bude ve skutečnosti signál číslicový, který se přivede na převodník D/A. Výstup 1 b je déle v rozsahu úrovně H, bude-li mít vstupní signál úroveň H, a déle v úrovni L, bude-li vstupní signál v úrovni L. Přesto střední hodnota křivky 1 b sleduje průběh signálu.

Převodníky s proudovými bity stejně jako převodníky MASH používají zpětnovazební smyčku přes kvantovač 1 b (ve skutečnosti je to jen číslicový komparátor). Úpravou se kvantováním posune šum ze slyšitelného rozsahu. Rozdíl mezi převodníky MASH a převodníky s proudovými bity spočívá v uspořádání smyčky. V návrhu převodníku MASH je kaskádní smyčka tvarování šumu, která dodává právě výstupní signál 1 b. Výstup této jednoduché smyčky se přičítá k vícebitovému signálu se snímkovacím kmitočtem asi 3 MHz. Tento vícebitový signál se přemění číslicovou modulací šířky impulsů na jednobitový signál, který vyžaduje velmi vysoký hodinový kmitočet 30 až 50 MHz (závisí na návrháři). U převodníků s bitovými proudy se používá komplexní smyčka, která pracuje s podstatně nižším kmitočtem 6 nebo 12 MHz a která přímo produkuje signál 1 b.

Jaké jsou přednosti a nevýhody?

Popsaný převodník s tvarováním šumu 1 b má velkou přednost proti převodníkům s rezistorovou sítí — dobrou linearitu při úrovni L. Protože signál 1 b má pouze dvě úrovně a signál se může vyrábět rychlým přepínáním tam a zpět mezi oběma úrovněmi, působí chyby ve velikosti obou kvantujících stupňů pouze jako chyby nesymetrie nebo chyby zesilovače. Vždy je možné proložit přímku mezi oběma body. U těchto převodníků překvapuje počet zpětných řezů. Vývojáři, kteří se s tím neztotožňují, musejí systém integrovat a to ne jednoduchou cestou.

U japonských firem, vyrábějících nf techniku, se vyskytují překvapivé hlasy proti převodníkům MASH, které ne vždy používají převodníky D/A 1 b. Největší problém spočívá ve skutečnosti, že převodníky D/A 1 b vyrábějí velké rušivé impulsní signály mimo nf pásmo, ty se musí odstranit ještě před dosažením výstupního stupně. Vznikl tak problém v používání analogových filtrů, který se zdá řešitelný vzorkovacím filtrem. Chce-li výrobce zmenšit rušení mimo danou šířku pásma asi o 100 dB, potřebuje k tomu poměrně strmý analogový filtr, který je spojen s dalšími problémy v podobě fázového posuvu v nf pásmu, dále tolerancemi součástek a komplexností celého zapojení. K omezení problému používá většina výrobců filtry třetího řádu, kterými je možné utlumit rušení asi o 80 dB. S touto velikostí útlumu není mnoho výrobců spokojeno a má pochybnosti o důsledcích intermodulačního jevu v součástkách, které zpracovávají nf signál. Zbývá ještě mnoho problémů, které se musejí zvládnout při praktickém použití převodníků D/A 1 b. V podstatě jde o tyto problémy:

Vysoký hodinový kmitočet. Není snadné vyrobit vhodný signál hodinového kmitočtu v oblasti 50 MHz v sériové výrobě velkého množství převodníků.

Nelinearita výstupních filtrů. Obvyklé nf operační zesilovače nejsou určeny pro kmitočty až do několika MHz s ostrými hranami číslicových impulsů. Proto se musejí používat vybrané rychlé a drahé operační zesilovače.

Tóny v šumovém rozsahu. Několik typů převodníků 1 b se vyznačuje tím, že vyrábějí rušivé tóny, není-li na ně přiveden signál. Tyto a další problémy odrazují od používání převodníků 1 b.

Specifikace převodníků D/A

V technických specifikacích a katalogových listech převodníků, které mají spíše charakter propagačních prospektů, nacházíme jen velmi málo informací o skutečné kvalitě převodu v rozsahu nf kmitočtů. Často to vypadá, že mnoho testů bylo vyvinuto jen proto, aby bylo možno publikovat pouze nejlepší výsledky. V nf technice pro spotřební elektroniku jsou tři parametry, které se často uvádějí — rozsah dynamiky, nelineární zkreslení (THD) a poměr signálu k šumu (SNR).

Rozsah dynamiky je definován jako poměr maximální vstupní úrovně a "odhodnoceného" rozsahu šumu, přičemž šum systému je měřen sinusovým signálem s úrovní —60 dB. Měřicí sinusový signál je omezen vhodným filtrem a neovlivňuje měření.

Nelineární zkreslení (THD) je poměr signálu k šumu plus zkreslení při plném signálu, přivedeném na systém.

Poměr signálu k šumu (SNR) je poměr maximálního signálu a šumové-

ho rozsahu nf bez změny číslicového kódu (číslicový kód v klidu). Dynamický rozsah lze vyčíst z některých z uváděných informací o šumu a zkreslení při malých signálech, ty však obvykle nerozlišují mezi šumem a zkreslením. Je-li jako dynamický rozsah uváděno velké číslo, je to dobré, neboť pak jsou šum a zkreslení malé. Menší velikost může být způsobena buď analogem šumu zapojení, což je poměrně výhodné, nebo chybou střední hodnoty převodníku A/D, a to je méně dobré.

Informace o nelineárním zkreslení dává hrubý přehled o tom, nakolik je linearita daného převodníku špatná, avšak nerozlišuje mezi analogovým zkreslením a zkreslením špatně vyváženého rezistorového děliče R-2R převodníku. Informace o poměru signálu k šumu udává, nakolik je bez rušení analogová elektronika v převodníku D/A a za ním, neboť se měří se vstupem v klidovém stavu. Tento údaj bývá uváděn jako velké číslo, z něhož se nezíská mnoho užitečného. V případě, kdy začíná hudba a bit kolísat, směšuje se chyba kvantování s analogovým šumem a to i ve velmi dobře navržených zapojeních.

Nedávno se začala využívat nová specifikace, tzv. test audio linearity. V tomto testu se přivádí na zařízení sinusový signál, jehož amplituda v určitém časovém intervalu klesá, a přitom se měří výstupní úroveň. Úzký pásmový filtr potlačí zkreslení a šum a umožňuje měřit "čistou" výstupní úroveň. Poměr mezi výstupní a vstupní úrovní se zaznamenává. U dokonalého převodníku je výsledkem přímka. Převodník, který má problémy s linearitou při malých signálech, vykazuje odchylky od přímky. Tento test dovoluje lépe porovnávat skutečné výsledky s očekávanými, než jak to umožňují dříve popsané testy.

Existuje mnoho dalších způsobů zjišťování nedostatků převodníků D/A, které lze jen obtížně zjišťovat obvyklým měřením. Nelineární jevy jako např. šumová modulace a tóny závislé na signálu, jsou jen velmi obtížně identifikovatelné běžným měřením. Dobrým způsobem vyhledávání těchto problémů v číslicových nf systémech je přivést na zařízení sinusový signál s proměnnou úrovní a proměnným kmitočtem a vyhodnotit výstupní signál analyzátorem zkreslení. Nelinearitu při malém signálu a jiné důležité chyby je možné jasně rozpoznat, mění-li se amplituda a úroveň.

Volba převodníku D/A musí být vždy velkým kompromisem mezi řadou parametrů. Mnoho převodníků 1 b sice řeší jeden z problémů (nelinearitu při velkém signálu), ale současně vytvářejí jiné problémy (šum mimo danou šířku pásma a nešťastnou kombinaci hodinového signálu 50 MHz a citlivých nf signálů). Vícebitové převodníky s rezistorovou sítí R-2R se osvědčily před několika lety, jejich nedostatkem jsou velmi velké požadavky na trimování rezistorové sítě. Další vývoj tohoto druhu převodníků je z uvedeného důvodu podmíněn novou dokonalejší a levnější technologií.

Ukázkou použití čtrnáctibitového převodníku ve spojení s číslicovým signálním procesorem v praxi je dále popsaný dvojitý převodník A/D a D/A firmy Philips, který je určen pro telekomunikační terminály a systémy pro zpracování hlasových signálů.

Převodník A/D — D/A 14 b

Úplný monolitický analogově-číslicový a číslicově-analogový převodníkový systém s rozlišením 14 b vyvinula holandská firma Philips Components pod označením PCF5012A. Převodník implementuje užitou techniku proudového bitu a je vhodný pro širokopásmové hlasové systémy CODEC G.722. Pro dvou funkci nevyžaduje vnější vzorkovací a přídržný obvod ani filtrační obvody, protože všechny potřebné filtry jsou integrovány číslicově. Převodník se vyznačuje velmi dobrou linearitou, proto se jeho vlastnosti nezhoršují bez vnějšího trimování. Vzorkovací rychlost je nastavitelná v rozsahu od 8 do 16 kHz, šířka pásma analogových signálů je zaručena do 7 kHz. K provozu potřebuje obvod jen několik vnějších součástek.

Na čipu je integrován všepásmový omezovací filtr. Oba převodníky (A/D a D/A) pracují na principu jednobitového interpolačního převodu, který používá kvantované tvarování šumu. Konstrukce čipu integrovaného obvodu je optimalizována pro použití v kombinaci s číslicovým signálním procesorem. Telekomunikační terminály jsou jednou z vybraných praktických aplikací popisované součástky.

Funkční skupinové zapojení obvodu PCF5012 je na obr. 31. Součástka označená PCF5012AP je v plastovém pouzdru DIL28 s 14 vývody ve dvou řadách, zapojení vývodů je na obr. 32. Typ PCF5012AH je v plochém čtvercovém plastovém pouzdru QFP 44 s 11 vývody na každé straně pouzdra, zapojení vývodů je na obr. 33.

Číslicová i analogová část obvodu se napájí kladným napětím 5,0 V, proudová spotřeba analogové části v klidu je pouze 1,7 mA, číslicové části 50 μA. Referenční napětí je průměrně 50 % použitého napájecího napětí. Jakýkoli šum na referenčním napětí je přímo modulován analogovým signálem. Obvod může na straně vstupů spolupracovat s logikou TTL, vstupní napětí v úrovni L je max. 0,8 V, v úrovni H min. 2,0 V. Kmitočet krystalového oscilátoru lze volit od 3,6 do 8,4 MHz.

Na obr. 34 je navržena konfigurace propojení převodníku PCF5012A ve spolupráci se signálovým procesorem PCB5010 nebo PCB5011, u něhož se využívá sériové rozhraní. Sériový průchod dat je jednokanálový. Navržené zapojení pracuje se systémovým hodinovým signálem (MCO) a se sériovým hodinovým signálem (SCO = 128 x f_S). Systém vyžaduje pouze jeden řídicí krystal pro hodinový oscilátor.

Výkonné RAMDAC 64 b pro grafické subsystémy

Sortiment integrovaných obvodů řady VIP (Video Interface Palette) rozšiřuje Texas Instruments o nový zajímavý obvod RAMDAC pro rozhraní 24 b, označený TVP3025. Na společném čipu sdružuje paměť RAM a převodník D/A a nabízí potřebnou rychlost pro grafické subsystémy s velkou rozlišovací schopností v osobních počítačích a pracovních stanicích. Velkou předností obvodu je velmi příznivý poměr ceny k výkonnosti, který ocení především konstruktéři přístrojů.

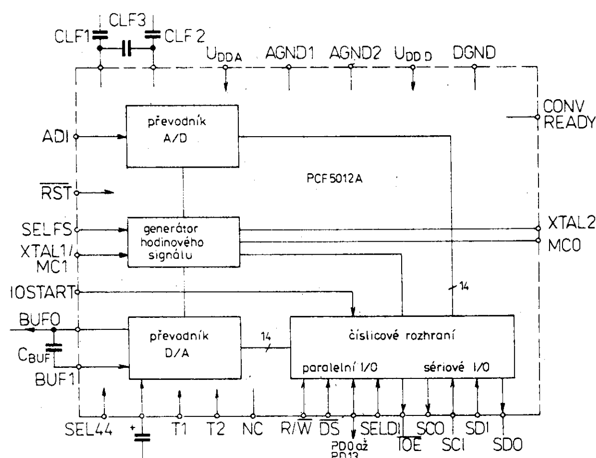
Spolu s přímým rozhraním mezi obvodem grafického řadiče a paměti VRAM představuje RAMDAC TVP3025 úplný koncový systém. Obvod pracuje s hodinovým kmitočtem 135, 175 nebo 220 MHz a umožňuje věrný barevný mód 24 b se 16 milióny barevných odstínů při rozlišení 1024768 obrazových bodů nebo věrný barevný mód 16 b se 65 000 barevnými odstíny při rozlišení 16001280 bodů.

Úprava současných koncových grafických systémů na nový obvod VIP 64 b je možná bez problémů, neboť je dostatečně programově slučitelný s velmi rozšířenými obvody RAMDAC 32 b, např. s obvodem BT485 firmy Brooktree.

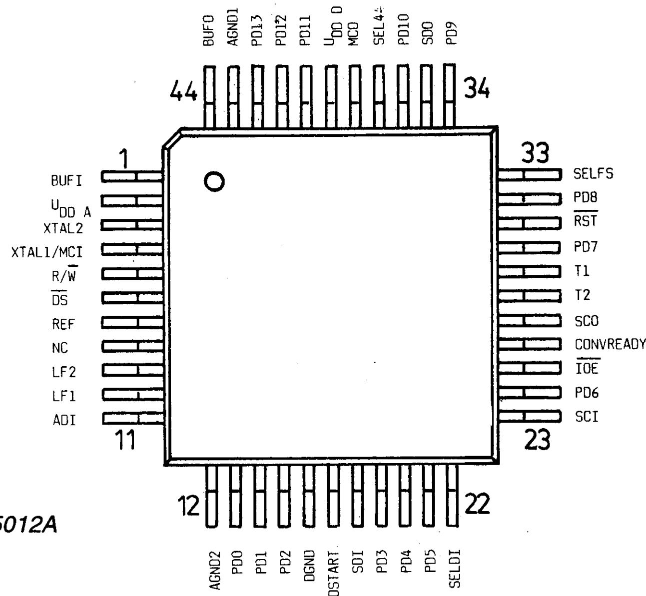
Vysoká hustota integrace

Integrovaný obvod TVP3025, jehož architektura se vyznačuje vysokým stupněm integrace, nabízí na jediném čipu několik funkcí. Tím odpadá používání mnoha diskrétních součástek pro kmitočtovou syntézu a navíc fázová zpětná vazba, takže se šetří místo na desce s plošnými spoji. Šum systému a rušivá napětí jsou rovněž zmenšeny, neboť součástky pro výrobu vysokofrekvenčních signálů jsou integrovány na společném čipu. Obvod je vybaven řadičem rozhraní se dvěma registry podle průmyslového standardu, proto je slučitelný s mnoha používanými grafickými řadiči.

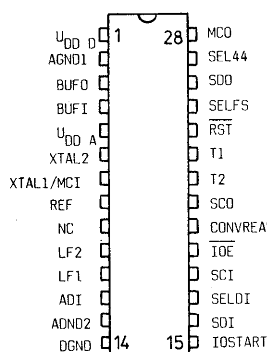
Nový RAMDAC TVP3025 je výsledkem společného vývoje laboratoří Texas Instruments a kalifornské firmy S3, která vyrábí grafické urychlovače pro osobní počítače. Tato firma nyní vyrábí ve své kategorii jedinečné součástky pro grafický urychlovač 64 b typu S3 Vision 964, s nímž dosahuje velké výkonnosti ve věrných barevných aplikacích s velkým rozlišením.



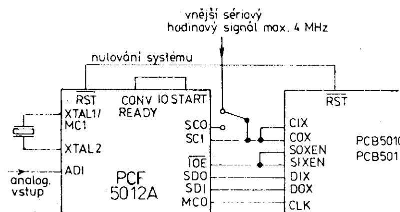
Obr. 31. Funkční skupinové zapojení převodníku A/D—D/A PCF5012A



Obr. 32. Zapojení vývodů převodníku PCF5012AP



Obr. 33. Zapojení vývodů převodníku PCF5012AH



Obr. 34. Konfigurace obvodu PCF5012 ve spolupráci se signálovým procesem PCB5010 nebo PCB5011

Společnost Number Nine Computer Corporation používá obvod TVP3025 ve svých nových deskách grafických urychlovačů Imagine 128. Čisté programové rozhraní zde slouží ke zjednodušení vývojových prací. Image 128 bylo vyznamenáno na výstavě "Spring Comdex" jako nejlepší nová periferie.

Firma Matrox Graphics používá výkonný obvod RAMDAC ve svém grafickém urychlovači MGA Plus. Díky velmi rychlému převodníku D/A a dalším příznivým vlastnostem obvodu VIP je tato grafická deska vhodná pro výkonově velmi náročné zpracování aplikace windows, multimédiové a 3D.

Nejdůležitější technické vlastnosti TVP3025

Programovatelná šířka sběrnice obrazových bodů: 4, 8, 16, 32 nebo 64.

Programovatelná hloubka obrazových bodů: 1, 2, 4, 8 b Pseudo Color.

Rozlišení a barvy při hodinovém kmitočtu 135 MHz:

Rozlišení 1024x768 bodů, 16 miliónů barevných odstínů v módu 24 b True Color, nebo 1280x1024 bodů, 65 000 barevných odstínů v módu 16 b True Color při obrazovém opakovacím kmitočtu 72 Hz.

Rozlišení a barvy při hodinovém kmitočtu 175 MHz:

Rozlišení 1600x1280 bodů, 65 000 barevných odstínů v módu 16 b True Color při obrazovém kmitočtu 60 Hz.

Rozlišení a barvy při hodinovém kmitočtu 200 MHz:

Rozlišení 1600x1280 bodů, 65 000 barevných odstínů v módu 16 b True Color při obrazovém kmitočtu 72 Hz.

Kmitočtová syntéza a fázová zpětná vazba je integrována na čipu. Mód True Color umožňuje korekci Gama. Obvod je vybaven vnitřním zdvojovačem kmitočtu, přepínačem Auxiliary-Window a Color-Key a dále rozhraním VRAM.

Na čipu je ještě integrován hardwarový kurzor 64642, slučitelný XGA, plně okénkový kurzor s vláknovým křížem a mód dvojitého kurzoru. Okraje obrazu jsou nastavitelné. Sběrnice obrazových bodů podporuje datové formáty Big Endian a Little Endian.

Převodníky D/A a A/D s integrovaným rozhraním pro DSP

Číslicové zpracování signálů otevírá zcela nové možnosti v nových oborech měřicí a průmyslové elektroniky, v nichž dosud převažují běžné analogové systémy. K realizaci aplikací číslicového zpracování signálu (DSP) jsou však zapotřebí náročné výpočetní výkony, které jsou dnes již možné s cenově poměrně dostupnými signálovými procesory. Protože mnoho vývojářů se dosud použití číslicových signálových procesorů z různých důvodů zdržuje, jsou následující odstavce věnovány často obávané problematice rozhraní mezi převodníkem a signálovým procesorem. Zjednodušit tuto problematiku má řada převodníků D/A a A/D, jejíž jednotlivé součástky obsahují integrovanou logiku rozhraní pro přímé připojení ke všem běžným signálovým procesorům.

Ve srovnání s čistě analogově řešeným návrhem zapojení mají systémy pro číslicové zpracování signálu tu přednost, že se mohou realizovat pomocí běžných integrovaných obvodů — číslicových signálových procesorů — programovým řešením libovolné komplexní funkce filtrů. Pomocí konvenční techniky je uvedené zpracování signálu velmi nákladné, pokud je vůbec možné. K tomu přistupuje skutečnost, že technické specifikace číslicových signálových procesorů jsou ve výrobě stoprocentně reprodukovatelné, navíc zcela odpadá časově náročné vyvažování. Případné změny v použití vyžadují zpravidla pouze modifikaci programu a ne jako dosud úpravu celého elektrického zapojení.

Popsané přednosti je možné s výhodou využívat např. v profesionální nf, příp. studiové technice. K tomuto účelu jsou často zapotřebí filtry s přenosovými vlastnostmi, které převyšují charakteristické údaje pevně zapojených standardních filtrů. Z tohoto důvodu přecházejí vývojáři studiových systémů na systémy s číslicovým zpracováním signálu, které v kombinaci se snímacím převodníkovým systémem dovoluje konstrukci velmi strmých, fázově lineárních programovatelných filtrů.

Rovněž v oboru analýzy šumu, popříp. kmitání, které se používá ve strojírenství a výrobě automobilů ke

kontrole a řízení strojů a části zařízení, je výhodné přejít na číslicové systémy zpracování signálu. Přesně jako v profesionální studiové technice ani zde nevyhovují pevně zapojené číslicové standardní filtry s Nyquistovým kmitočtem 20 kHz, kterými by bylo možné zpracovávat kmitání ve vysokofrekvenčním rozsahu. Proto strojírenství a automobilový průmysl patří k předním uživatelům systémů s číslicovým zpracováním signálů, hlavně systémů pro analýzu přechodných jevů, které jsou vhodné v uvedeném oboru speciálně pro rozeznávání závad a kvality zpracování mechanických systémů.

Ve srovnání s běžnou technikou pulsní kódové modulace (PCM), která se využívá v analýze a syntéze řeči, speciálně signálů 20 kHz, jsou postupy číslicového zpracování signálu podstatně výhodnější. Postup je možný využitím číslicových signálových procesorů, speciálně při použití vyladěných algoritmů filtru.

Další podstatná přednost číslicového zpracování informací spočívá v tom, že v systému obsažený DSP může vypočítat a určovat rušení signálu na výstupu zapojení, avšak analogovými součástkami vyvolaná rušení včetně převodníku potlačuje. Tak např. jedním číslicovým filtrem je možné potlačit všechny vysokofrekvenční energetické složky kvantizace LSB, pokud je omezuje diferenční nelinearita převodníku. Rovněž širokopásmové rušení, vyvolávané převodníky A/D a snímacími — přídržnými zesilovači v systému, je možné pomocí číslicového filtru účinně potlačit na nepatrnou úroveň.

Zjednodušené zapojení

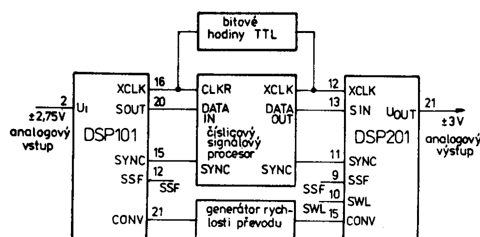
Protože signální procesory pracují často s kmitočtem 50 MHz a vyšším, projevuje se návrh rozhraní mezi signálním procesorem a převodníkem dosud jako mimořádně problematický.

Právě proto bylo v minulosti nutné používat ke konstrukci rozhraní mnoho vnějších součástek, které zvyšují cenu, ale i spolehlivost rozhraní. Těmito problémy se zabývali návrháři integrovaných obvodů různých výrobců.

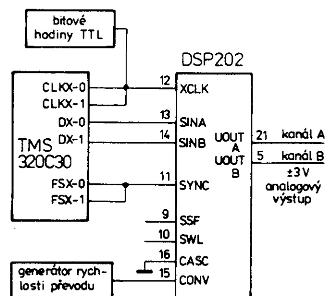
Jedním z nich byli vývojáři firmy Burr-Brown, kteří vyvinuli řadu převodníků D/A a A/D série DSP101, DSP102, DSP201, DSP202. Na čipu je integrována celá jejich logika rozhraní pro přímé zapojení k signálovým procesorům výrobců AT+T, Motorola a Texas Instruments. Blokové zapojení převodníku DSP201, DSP202 a patrné z obr. 35. Úplná logika rozhraní je na čipu integrovaného hradlového pole oddělena. Obě řady převodníků zpracovávají data 16, popříp. 18 b a řídí se sériovými branami 16, 18 nebo 32 b.

Převodníky jsou vybaveny jedním nebo dvěma analogovými vstupy/výstupy. K napájení se používá symetrické napětí Ī 5V. Převodník A/D odpovídá čipu obvodu PCM1750, převodník D/A čipu PCM1700. Jako úprava převodníků PCM se signální procesory používají jen pro dynamické signály. Stejnosměrné vlastnosti (jako je stabilita nulového bodu, dlouhodobá tepelná stálost, chyba zesílení a nesymetrie) nelze však srovnávat s odpovídajícími specifikacemi běžných převodníků. Zcela zvláštní pozornost si u těchto převodníků zaslouží dosažený průměr signálu k šumu, popříp. zkreslení. Tyto vlastnosti se využívají speciálně při analýze a syntéze kmitání.

Přednosti obou řad převodníků DSP201 a DSP202 jsou patrné z příkladu zapojení na obr. 36, kde je znázorněno konvenční zapojení logiky, kterým se paralelní data 16 b ze signálového procesoru přeměňují na sériová data na výstupu DSP201. K buzení převodníku DSP202 datovou sběrnicí 32 b je možné použít stejné zapojení ve dvojnásobné produkci. Logické



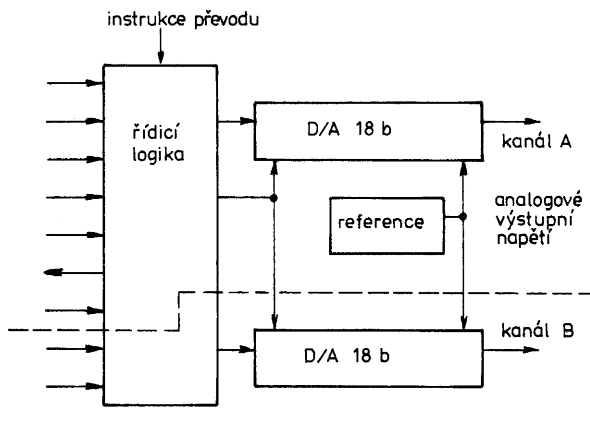
Obr. 37. Jednokanálový systém DSP s převodníky DSP101 a DSP102 vyžaduje minimální požadavky na propojení s integrovaným číslicovým signálovým procesorem



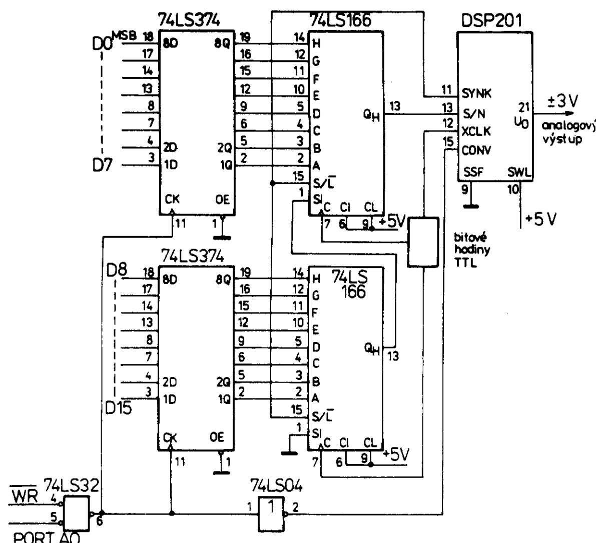
Obr. 38. Způsob připojení číslicového procesoru TMS320C30 se dvěma sériovými vstupními/výstupními branami k oběma vstupům převodníku DSP202

zapojení podle obr. 36 je možné v mnoha případech v důsledku malého počtu hradel implementovat poměrně bez problémů formou hradlového pole nebo do systému zahrnované programovatelné logiky. Použitá bipolární technika v integrovaných obvodech DSP201 a DSP202 slouží ke zlepšení dynamických vlastností a současně k zamezení vlivů rušivých napětí.

Ke stavbě úplného systému číslicového signálového procesoru s analogovými vstupy a výstupy je možné společně využít převodníků D/A DSP201, DSP202 a převodníků A/D DSP101, DSP102. Na obr. 37 je řešení jednokanálového systému DSP,

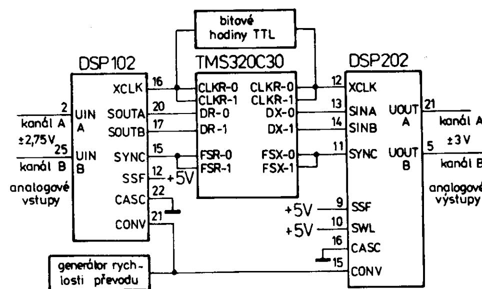


Obr. 35. Zjednodušené zapojení převodníků D/A DSP201 a DSP202. Integrovaná logika rozhraní dovoluje připojení k číslicovému signálovému procesoru bez jinak běžných vnějších součástek



Obr. 36. Logické zapojení, kterým se mohou paralelní data 16 b číslicového signálového procesoru přeměnit na sériová data převodníkem DSP201

Obr. 39. Ke konstrukci úplného dvoukanálového systému číslicového signálového procesoru s analogovým vstupem a výstupem jsou zapotřebí pouze tři čipy



který se vyznačuje minimálním počtem spojů. Podle stejného principu je možné řešit dvoukanálový systém DSP. Podle zadání pak budou zapojení obsahovat jeden nebo dva signálové procesory 16 b nebo 32 b. Aby při návrhu systému bylo možné pracovat s největší možnou pružností, mohou se oba převodníky D/A aktivovat signálem s odlišným kmitočtem převodu převodníku A/D.

Na obr. 38 a 39 zobrazená zapojení využívají signálových procesorů řady TMS320Cxx výrobce Texas Instruments. Jednoduchost všech znázorněných zapojení dále zvyšuje vývod SSF (Select Synch Formát, vývod 9) signálového procesoru, který se udržuje na úrovni H (+5 V). Po příchodu signálu pro převod generují oba převodníky (DSP201, DSP202) synchronizační impuls, který je aktivní v úrovni H. Synchronizační impuls je možné přivést do aktivní úrovně L přepnutím potenciálu vývodu SSF rovněž do úrovně L. Ve všech případech očekávají oba převodníky data, u nichž je na prvním místě bit MBS. Tuto skutečnost je třeba vzít v úvahu při programování číslicového signálového procesoru.

Způsob připojení DSP TMS320C30 se dvěma sériovými vstupními/výstupními branami k oběma vstupním převodníkům DSP202 je na obr. 38. U tohoto zapojení je možné maximálně zvětšit rychlost obou kanálů. Protože uvedený procesor může vydávat i slova se šířkou 32 b, je možné oba kanály převodníku DSP202 aktivovat jednou sériovou výstupní bránou na TMS320C30.

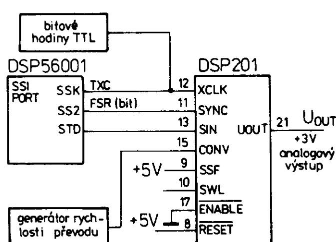
Konstrukce úplného dvoukanálového systému s analogovým vstupem a výstupem je na obr. 39. Celý systém je možné realizovat v podstatě pouze se třemi čipy. V zapojení jsou využity obě sériové vstupní/výstupní brány TMS320C30. Převodník DSP202 je využíván v módu 16 b, kterým se zvětší na maximum možná rychlost průchodu dat v systému.

Na obr. 40 je připojení převodníku DSP201 k signálovému procesoru DSP56001 výrobce Motorola. Systém využívající převodníku DSP202 může pracovat se dvěma signálovými procesory. I v tomto případě se musí signálový procesor naprogramovat tak, aby se nejdříve přenášel bit MSB (Most Significant Bit). Je-li procesor DSP56001 naprogramován ke zpracování slov 16 b, může se délka slov přepnout změnou potenciálu vývodu SWL (Select Word Lenght) převodníku DSP201, DSP202 na úroveň H.

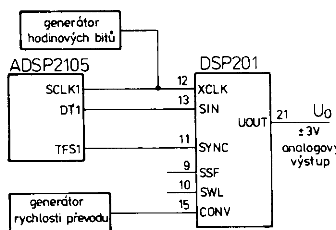
Při provozu DSP56001 s 24 b je možné převodník programovat tak, aby se akceptovala data s délkou 16 b (vývod SWL v úrovni H), popříp. 18 b (SWL v úrovni L). Tak zvané bity ve zpětném směru ("Trailing Bits") na sériovém vedení budou ignorovány.

Rovněž vývody SSF převodníku (vývod 9) se při spojení s procesorem DSP56001 pevně připojí k úrovni H. Jakmile převodníky DSP201, DSP20 obdrží signál k převodu, oba čipy vyrobí synchronizační impuls, který je k dispozici na vývodu SYNC (vývod 11). Ačkoliv oba převodníky mezi oběma jednotlivými instrukcemi vystačí k převodu s minimálním počtem hodinových impulsů 24 b, je při kmitočtu hodinového signálu 5 MHz u převodníku D/A maximální aktuální rychlost větší než 200 kHz (5 MHz/24 = 208,33 kHz).

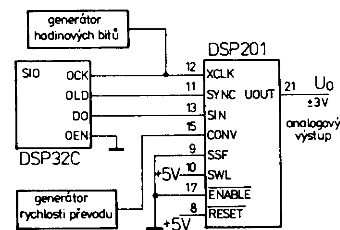
I při konstrukci systému se signálovým procesorem ADSP2101 nebo ADSP2105 výrobce Analog Devices se musí nejdříve programovat signálový procesor tak, aby se nejdříve přenášel bit MSB. Jak vypadá zapojení procesoru ADSP2105 s převodníkem DSP201, ukazuje obr. 41. Realizovaný



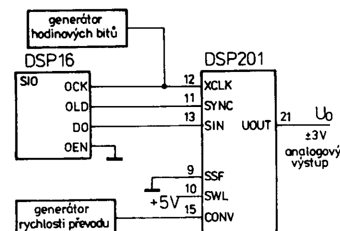
Obr. 40. Způsob připojení převodníků DSP201 k číslicovému signálovému procesoru DSP56001



Obr. 41. Návrh realizace systému číslicového signálového procesoru s procesorem ADSP2105 a převodníkem D/A DSP201



Obr. 42. Zapojení převodníku D/A DSP201 k číslicovému signálovému procesoru 16 b typu DSP32C



Obr. 43. Zapojení převodníku D/A DSP201 k číslicovému signálovému procesoru 16 b typu DSPA16

systém číslicového signálového procesoru je možné beze změn použít i s procesorem ADSP2101.

Zapojení systémů DSP se signálovým procesorem DSP16 a DSP32C výrobce AT+T je znázorněno na obr. 42 a 43. Stejně jako u předchozích popsaných příkladů musí i zde procesor přenášet bit MSB. Rovněž vývod 9 převodníku DSP201 musí být pevně spojen s potenciálem L, čímž se může po příchodu signálu k převodu generovat příslušný synchronizační impuls.

Signálové procesory v obou zapojeních pracují v módu 16 b. Na výstupu DSP201 je analogový signál s úrovní ± 3 V, který se při kmitočtu hodinového signálu 12 MHz a hodinovém cyklu 24 b může aktivovat kmitočtem 500 kHz (12 MHz/24 = 500 kHz). Naproti tomu je možné výstupní signály systému DSP s procesorem DSP32C a převodníkem DSP202 v kaskádně zapojeném dvoukanálovém systému aktivovat při stejném hodinovém kmitočtu a hodinovém cyklu 40 b signálem s kmitočtem 300 kHz (12 MHz/40 = 300 kHz).

Systém pro sběr dat 12 b s napájecím napětím 3 V

Již řadu let se analogové a číslicové obvody, stejně jako součástky pro rozhraní napájejí jedním normalizovaným kladným napětím 5 V. Na trhu však přibývá přenosných přístrojů napájených z baterií, mezi které patří nejen měřicí přístroje, ale i přenosné telefony, počítače, laptop a notebook, u nichž se vyžadují zmenšené rozměry a stále menší hmotnost, aniž by se omezila jejich výkonnost. Základním

požadavkem těchto přístrojů je malý energetický příkon pro napájení vestavěných součástek. Nejvýhodnější je, budou-li se součástky napájet napětím +3 V místo dosud používaných +5 V.

Menší napájecí napětí má přímý vliv na snížení pracovní teploty v důsledku zmenšeného ztrátového výkonu, což se projevuje v prodloužené době života jak součástek, tak celého přístroje. Menší napájecí napětí má za následek i menší prostor pro napájecí baterie. Výsledkem jsou menší vnější rozměry přístroje, snížení provozních nákladů a zlepšení provozní spolehlivosti. Příkon používaných integrovaných obvodů CMOS se zmenšuje se čtvercem napájecího napětí. To znamená, že příkon napájecího systému s napětím 3 V je o 36 % menší, než systémů s napětím 5 V.

Aby bylo možné uskutečnit sběr a měření dat v systému s napájecím napětím 3 V, musí se všechny součástky, zpracovávající analogové signály, stejně jako procesory napájet stejně velkým napětím 3 V. Jako příklad je popsán systém zpracování dat D/A 8 b se snímací rychlostí 50 kHz, napájený napětím 3 V, včetně všech potřebných součástek a dosažené přesnosti.

U napájecích systémů s napětím 3 V se vytříbily dva standardy pro bateriový provoz s napětím 3,3 V Ī 0,3 V a 3,0 V ± 0,3 V. Druhý systém se zdá účelnější, neboť toto napětí je možné získat ze dvou suchých baterií 1,5 V. Prvnímu systému s napětím 3,3 V, jak se zdá, dává přednost jako standardu elektronický průmysl. Přispívá tomu skutečnost, že mikroprocesory, jako jsou řady 386, 6800 a ADSP 2103, se mohou napájet napětím 3,3 V. Rovněž sdružení amerických elektronických výrobců JEDEC definovalo napětí 3,3 V jako standard malého napětí s označením JEDEC LV Standard (8.1). Všechny součástky, které jsou dále popsány, mají elektrické vlastnosti definovány při napětí 3,3 V.

Napájecí napětí 3,3 V je možné snadno získat použitím lithiové baterie, která dodává napětí 3,5 V. Předností tohoto řešení je dlouhá doba života, velká kapacita a široký dovolený rozsah pracovní teploty lithiových baterií. Obdobně je možné získat napájecí systém 3,3 V ze tří akumulátorů NiCd se jmenovitým celkovým napětím 3,6 V. Předností tohoto systému je levnější provoz, neboť články NiCd se mohou znovu nabíjet a jejich schopnost častých nabíjecích a vybíjecích cyklů je velká, vybíjecí charakteristika je plochá s možností hlubokého vybíjení bez ohrožení doby života článků.

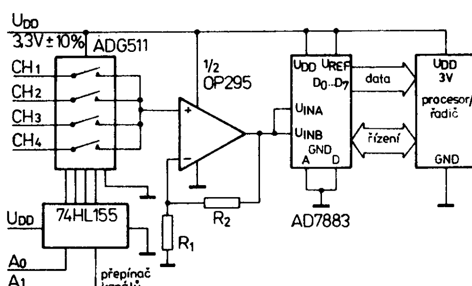
Číslicově-analogový systém zpracování dat

Systém D/A se čtyřmi vstupními kanály v zapojení podle obr. 44 je na vstupu osazen čtyřkanálovým multiplexerem (MUX), složeným ze čtyřnásobného spínače CMOS typu ADG511 a dekodéru 2 na 4 typu 74HL155. Spínač ADG511 je jednopólový přepínač (SPST), jehož elektrické vlastnosti zaručuje výrobce při napájecím napětí +5 V, ± 5 V a při +3 V. V důsledku svého malého ztrátového výkonu (max. 3 mW při napětí 3 V) se velmi dobře hodí pro bateriový provoz. Jeho další předností je nepatrný svodový proud 50 pA a vnitřní odpor v sepnutém stavu jen 200 Ω. Vstupní signál může dosahovat úrovně až do velikosti použitého napájecího napětí. To je zvlášť důležité, neboť se nemusí používat přídavné buzení a tím nedochází ke ztrátě odolnosti proti rušení.

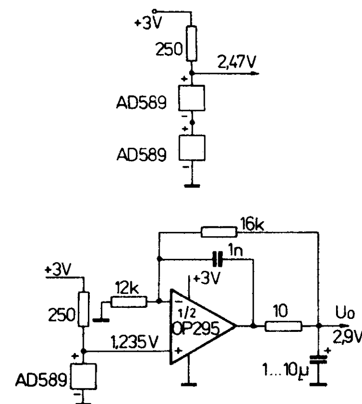
Při provozu jako multiplexer jsou propojeny kolektory na výstupu. Možné to je, neboť doba vypnutí je kratší než doba zapnutí a tím je vyloučen zkrat. Spínač pracuje v rozsahu teplot od -40 do +85 C a je vestavěn v pouzdru DIL16 nebo SOIC se šestnácti vývody.

Kanál 1 až 4 se volí pomocí vstupů A0 a A1 dekodéru. Signál ze vstupů se pak dostává na neinvertující vstup připojeného operačního zesilovače OP295. Zesilovač pracuje v neinvertujícím provozu se zesílením 1+ R2/R1. Je to dvojnásobný zesilovač typu "Rail-to-Rail", který se může vybudit až do úrovně napájecího napětí. Zatím co se standardním operačním zesilovačem s jedním napájecím napětím může dosáhnout výstupní úroveň max. 1,9 V při zátěži 10 kΩ, dodá zesilovač OP295 výstupní napětí 2,9 V při napájecím napětí 3 V. Protože na velikosti napěťového zdvihu závisí hodnota LSB, lze dosáhnout větší odolnosti proti rušení a lepšího odstupu signálu k šumu. Přitom je třeba uvést, že při rozlišení 12 b a vybuzení 2 V je LSB jen 480 mV.

Stejný význam má vybuditelnost k zápornému napájení, při provozu s jedním napájecím napětím při 0 V. Operační zesilovač OP295 odevzdá na výstupu 0 V při nesymetrii max. 500 mV, typicky 100 mV. Příkon při napětí 3 V je pouze 480 mW. Zesílený signál se pak převodníkem A/D typu AD7883 převádí na jedno číslicové slovo 12 b. Tento vzorkovací převodník dosahuje rychlosti převodu 50 kHz



Obr. 44. Návrh zapojení čtyřkanálového systému pro sběr dat s převodníkem AD7883

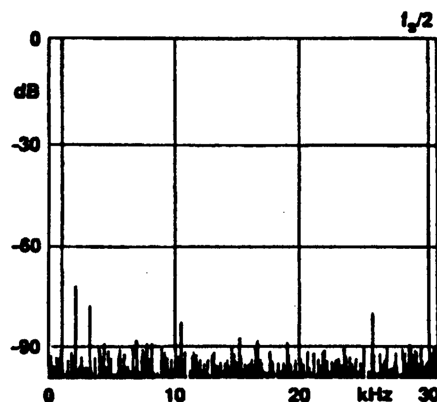


Obr. 45. Zapojení pro výrobu referenčního napětí z napájecího napětí +3 V; a — s výstupním referenčním napětím 2,47 V; b — s výstupním referenčním napětím 2,9 V

a je specifikován ve statickém i dynamickém provozu s napájecím napětím 3 V. Příkon v módu "sleep" je zmenšen z 8 na 1 mW. Může se používat se vstupním rozsahem od 0 do $+U_{REF}$. Pro další zjednodušení se může referenční vstup spojit přímo s napájecím napětím U_{DD}, čímž vznikne napěťový rozsah od 0 do 3 V.

Podle stability napájecího napětí a požadované přesnosti se může vytvořit zdroj referenčního napětí ze dvou sériově spojených dvoupólových referenčních obvodů AD589 a jednoho rezistoru 250 Ω. Tím vznikne zdroj s napětím 2 x 1,235 V = 2,47 V. Zapojení zdroje je na obr. 45a. Protože operační zesilovač OP295 má dva zesilovací systémy, může se druhý (nepoužitý) systém použít jako alternativní zdroj referenčního napětí k zesílení napětí 1,235 V z jednoho obvodu AD589 (např. 2,9 V, zapojení obr. 45b).

Šířka pásma systému je určena v podstatě použitým operačním zesilovačem, neboť multiplexer a převodník A/D mají větší šířku pásma. Jako u všech aplikací s malým příkonem je menší příkon na úkor šířky pásma, popříp. rychlosti přeběhu operačního zesilovače. Tím je omezena šířka pásma OP295 při velkém signálu na 1 kHz, při malém signálu na 75 kHz. I když se uvedené šířky pásma zdají být malé, prakticky nenastává žádné



Obr. 46. Spektrum FFT s kmitočtem vstupního signálu 1,11 kHz a snímacím kmitočtem 61,44 kHz

omezení. Zvláště u vícekanálových systémů sběru dat bývá potřebná šířka pásma menší. Senzory a měřicí můstky vyžadují např. šířku pásma menší. Senzory a měřicí můstky vyžadují např. šířku pásma pouze několik set Hz.

Na obr. 46 je spektrum FFT při snímací rychlosti 61,4 kHz. Jako vstupní signál slouží sinusový signál s amplitudou 2,2 V a kmitočtem 1,11 kHz. Celkový odstup signálu k šumu (včetně veškerého rušení) je asi 67 dB v kmitočtovém pásmu do 30,7 kHz. Úroveň 2. a 3. harmonické leží u -72 dB. Číslicové signály se mohou dále zpracovávat mikroprocesory s napájecím napětím 3 V, např. systémem ADSP 2103. Zde je ovšem nutné dbát na to, že v důsledku malé velikosti LSB se musejí dodržovat kritéria návrhu, jak je tomu běžné u provedení s vybuzením signálem 10 V a rozlišením 16 b. Prakticky to znamená stínit vstupní vodiče, oddělit zem analogové a číslicové strany, oddělit přívody napájecího napětí pro číslicové a analogové součástky a vhodně blokovat každou součástku.

Volba zdroje referenčního napětí

Zdroje referenčního napětí, které se používají ve spojení s převodníky D/A nebo A/D, jsou poměrně jednoduché elektronické součástky, pokud jde o jejich praktické použití. Výběr vhodného typu je velmi jednoduchý, neboť se zpravidla vybírá podle požadovaného referenčního napětí, popříp. přesnosti, pokud nejsou na použitý převodník kladeny žádné cílené požadavky. Účelem této kapitoly je ulehčit a zjednodušit výběr s přihlédnutím ke vhodným typům integrovaných napěťových referenčních zdrojů a k obvyklým údajům v katalogových listech různých výrobců. Přehled téměř všech typů integrovaných obvodů, které jsou určeny jako zdroje referenčního napětí, byl zveřejněn v příloze AR-B 1994.

Ve srovnání s mnoha jinými elektronickými součástkami jsou zdroje referenčního napětí velmi odolné vůči změnám napětí na jejich vstupu. Zatím co se u mnohých integrovaných obvodů zbytečně hledá funkční průběh či věrná funkce vzhledem k přivedenému vstupnímu napětí, zdroje referenčního napětí naproti tomu si udržují konstantní výstupní napětí i při změnách vstupního napětí, změnách zatěžovacího proudu, při kolísání teploty a během doby provozu. Protože se skutečné vlastnosti referenčních zdrojů do určité míry odlišují od uvedených ideálních vlastností, je nutné se při výběru vhodného typu zdroje informovat o jeho technických vlastnostech a seznámit se s kritérii jeho výběru.

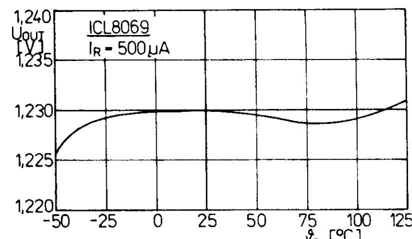
Napěťově stabilní zdroje

Před použitím napěťově stabilního referenčního zdroje se musí konstruktér seznámit s vlastnostmi standardních primárních článků nebo baterií. Oba tyto napěťové zdroje dávají poměrně konstantní výstupní napětí, pokud již nejsou vyčerpané. Jejich výstupní napětí je však teplotně značně závislé, proto se udává pouze při jedné teplotě okolí (zpravidla 25°C).

Jako jeden z běžných polovodičových zdrojů referenčního napětí může posloužit Zenerova dioda. Zenerovou diodou stabilizované napětí není sice dostatečně přesné, je však natolik konstantní, že je lze označit za "pravé" referenční napětí. Použije-li se k napájení Zenerovy diody nestabilizované stejnosměrné napětí, které se na diodu přivádí přes sériový rezistor, poskytuje Zenerova dioda konstantní napětí i při změnách napájecího napětí. Ovšem teplotní součinitel Zenerovy diody, který je závislý na jejím průrazném napětí, je např. při Zenerově napětí 6,3 V poměrně malý. Sériovým zapojením s běžným křemíkovým tranzistorem p-n-p vznikne ze Zenerovy diody známá referenční dioda, jejíž prodejní cena vzhledem ke složitým testům, přizpůsobení a výběru na předepsaný teplotní součinitel s hranicí pod 25 ppm/K je poměrně značná.

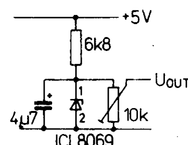
Další druh zdroje referenčního napětí vznikne zapojením libovolně vybrané referenční diody s rovněž vybraným operačním zesilovačem ve formě hybridního modulu. Celek se nazývá zesilovací dioda. Teplotní součinitel zesilovací diody je možné jednoduše nastavit standardní technikou trimování operačního zesilovače. Integrované referenční zdroje napětí MAX670 a MAX671 pracují na popsaném principu zesilovací diody. Jejich použitím se dosáhne teplotního součinitele lepšího než 1 ppm/K při relativně rozumné ceně. Navíc zesilovací diody zjednodušují návrh zapojení, takže při vnitřně nastavitelném proudu Zenerovy diody odpadnou jinak potřebné regulační potenciometry a další vnější součástky. Nastavením zesílení se může nastavit výstupní napětí přesně na 10,0000 V nebo 4,096 V, čímž se dosáhne nejlepšího možného teplotního součinitele. Další výhodou je, že se může operační zesilovač provozovat se čtyřdrátovým napájením. Vnějším propojením lze vyloučit vliv úbytku napětí. Projeví se to tak, že se referenční napětí uplatní až tehdy, kdy je to skutečně nutné. Tato vlastnost je zvlášť potřebná při aplikacích, v nichž se vyžaduje velmi malý teplotní součinitel. Současně se eliminuje chyba způsobená zemnicí smyčkou (např. ve formě termoelektrického napětí a proudových úbytků na odporu propojovacích drátů nebo vestavěných objímek).

Nástupcem zdroje se Zenerovou diodou je tzv. reference "bandgap" (referenční zdroj s integrovanou šířkou pásma). Křemíkové diody mají v propustném směru velmi dobře definovatelný teplotní součinitel o velikosti 2 mV/K, naproti tomu lze u nich velmi obtížně regulovat napěťovou nesymetrii. Řešení tohoto problému spočívá v použití jedenácti přesně stejných diod, vyrobených na společném substrátu, které jsou v úzké skupině uspořádány paralelně, čímž se dosáhne lepšího tepelného přizpůsobení. Jedna z diod je uspořádána centrálně. Právě tato dioda a zbývající skupina diod je řízena dvěma identickými proudy, takže centrální dioda pracuje asi s desetkrát větší proudovou hustotou v bodě křížení než skupina deseti diod. Napětí centrální křemíkové diody má záporný teplotní součinitel, zatím co napěťový rozdíl mezi jednotlivou diodou a skupinou diod má kladný teplotní součinitel. Je-li pak rozdíl napětí plus napětí na centrální diodě roven napětí "band-gap" křemíku (tj. 1,205 V), vytvoří součet ideální teplotní součinitel rovný 0 ppm/K (viz obr. 47).



Obr. 47. Minimální změny výstupního napětí v závislosti na teplotě referenčního zdroje typu "band—gap", který má průběh ležícího písmena S

Nejjednodušší a nejlevnější referenční zdroj "band-gap", který působí jako Zenerova dioda, má však menší napětí (1,23 V), je integrovaný obvod ICL8069. Díky malé změně napětí (15 mV) v proudovém rozmezí od 50 mA do 5 mA je tento zdroj vhodný pro spolupráci s integrovanými převodníky, pro které není právě k dispozici vhodný zdroj referenčního napětí se Zenerovou diodou. Praktické zapojení referenčního zdroje s integrovaným obvodem ICL8069 je na obr. 48.



Obr. 48. Zapojení jednoduchého zdroje je referenčního zdroje s napětím 1,2 V s možností regulace na napětí menší, jehož hlavní součástkou je obvod ICL8069

Technické specifikace

Výběr vhodných zdrojů referenčního napětí vyžaduje znalost jak sortimentu jednotlivých typů, dodávaných různými výrobci, tak i jejich technic-

kých specifikací a jejich výklad. Proto jsou dále popsány některé nejdůležitější parametry.

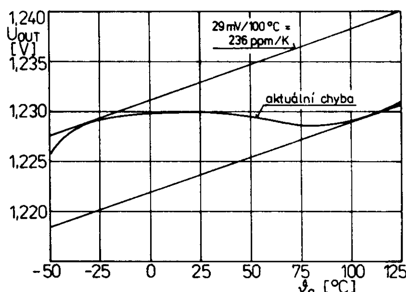
"Turn-On-Drift" — teplotní závislost od okamžiku zapnutí — udává změnu výstupního napětí v pevně určeném časovém intervalu po okamžiku zapnutí v závislosti na teplotě.

"Long-Term-Drift" — dlouhodobá teplotní závislost — udává změny výstupního napětí referenčního zdroje během dlouhodobého trvalého provozu.

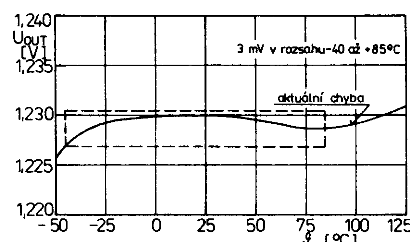
"Stárnutí" — to jsou gradientní změny elektrických vlastností (nejen výstupního napětí), vyvolané difúzi iontů do polovodičového materiálu. Stárnutím se může součástka po delší době poškodit nebo zničit. Tento parametr je porovnatelný s dlouhodobou závislostí na teplotě, která je svým výsledkem náhodná.

Teplotní závislost je změna výstupního napětí v závislosti na pracovní teplotě; měří se v ppm/K nebo %/K. V praxi se uvádějí tři různé metody zjišťování tepelné závislosti:

Metoda strmosti (obr. 49) zjišťuje největší poměr d*u*/d*t* ve sledovaném teplotním rozsahu.



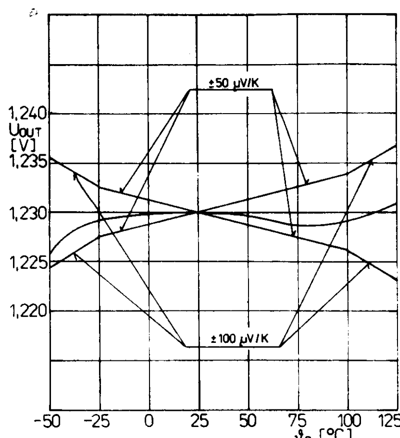
Obr. 49. Metoda strmosti — výstupní napětí v závislosti na teplotě, popisuje maximum poměru du/dt jako přímku uvnitř grafu



Obr. 50. Metoda okénková — změnu výstupního napětí vymezují mezní body okénka v závislosti na teplotě

Metoda okénková (obr. 50) zjišťuje z minimálního a maximálního výstupního napětí ve sledovaném teplotním rozsahu okénko, jehož obsah zaručuje meze teplotní chyby, avšak nevyhodnocuje absolutní maximum.

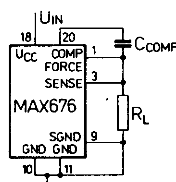
Metoda motýlková (obr. 51) ukazuje při jediném bodě teploty (zpravidla při 25°C) detailní nahromadění mezních dat s daným minimem a maximem.



Obr. 51. Metoda motýlková — prověřuje soubor datových bodů výstupního napětí při jmenovité teplotě a omezuje je minimem a maximem

Vlastní oteplení, vyvolané vznikem vnitřního nabíjecího proudu, způsobuje zvýšení teploty a tím vyvolává změny výstupního napětí.

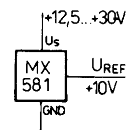
Použitím vnějšího tranzistoru nebo oddělovacího zesilovače je možné teplotní problémy vyřešit nebo alespoň zmenšit. Např. integrované obvody MAX670 a MAX671 jsou konstruovány právě pro tento způsob kompenzace. Řada referenčních obvodů MAX676 až MAX678 nabízí možnost konstantního odvodu tepla ihned po okamžiku, kdy se změní nabíjecí proud. Navíc jednotlivé typy řady nabízejí všechna potřebná napětí pro spolupráci s převodníky D/A a A/D 12 b a 16 b, např. integrovaný obvod MAX676 odevzdá výstupní napětí +4,096 V, přičemž napájecí napětí musí být jen o něco málo větší než +4,6 V. Další obvody MAX677 a MAX678 pracují s výstupním napětím +5 V a +10 V. Výrobce na čipu integroval již naprogramovanou paměť ROM, která kalibruje referenční napětí při specifické teplotě a současně zmenšuje teplotní závislost na méně než 1 ppm/K v celém zaručovaném rozsahu provozní teploty (podle



Obr. 52. Typické zapojení referenčního zdroje s napětím 4,096 V s integrovaným obvodem MAX676, který je ideální ve spojení s převodníky D/A nebo A/D 12 b a 16 b. Ve stejném zapojení pracují obvody MAX677 a MAX678, které mají výstupní napětí +5 V a +10 V; jejich napájecí napětí musí být vždy o něco větší než je jejich výstupní napětí

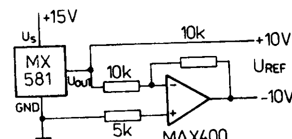
typu od -40 do +85°C nebo od -55 do (125°C). Dlouhodobá teplotní závislost těchto obvodů je lepší než 10 ppm/1000 h. Elektrické zapojení referenčního zdroje s integrovaným obvodem MAX676 je na obr. 52.

Dalším z velmi přesných zdrojů referenčního napětí je integrovaný obvod MX581, který pracuje na bázi napětí band-gap a jeho výstup odevzdá referenční výstupní napětí +10 V. Zdroj je třísvorkový a napájí se z nestabilizovaného zdroje s napětím od 12,5 V do 30 V. Laserové trimování vymezuje chybu výstupního napětí a teplotní závislost na minimum.



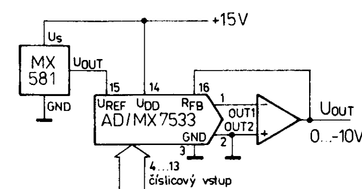
Obr. 53. Zdroj referenčního napětí +10 V v tomto zapojení s integrovaným obvodem MX581 nepotřebuje ke svému provozu žádné vnější součástky

K provozu obvodu není zapotřebí žádných vnějších součástek při dodržení plné přesnosti v celém zaručovaném rozsahu teplot od 0 do +70 °C, popříp. od -55 do +125 °C u dražších typů. Typické doporučené zapojení je na obr. 53. Celkový napájecí proud, který integrovaný obvod odebírá v provozu včetně vnitřního oddělovacího zesilovače, je typicky 750 µA. Popsaný referenční zdroj je vhodný pro spolupráci s převodníky D/A a A/D 8 b až 14 b a dále pro systémy číslicového zpracování dat.



Obr. 54. Zapojení referenčního zdroje s obvodem MX581, k jehož výstupu je připojen operační zesilovač MAX400, odevzdá symetrické výstupní napětí +10 V a -10 V

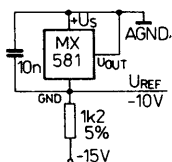
Připojením vhodného operačního zesilovače k výstupu obvodu MX581, jako např. MX400, je možné vytvořit zdroj kladného a záporného referenčního napětí stejné velikosti +10 V a –10 V podle zapojení na obr. 54.



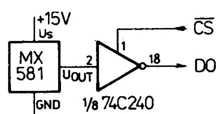
Obr. 55. Zapojení převodníku D/A 10 b s integrovaným obvodem AD7533, MX7533, který spolupracuje s vnějším referenčním zdrojem MX581; jeho výstupní napětí je možné změnit na kladné v rozsahu od 0 do +10 V, zamění-li se referenční zdroj napětí se záporným napětím -10 V

Praktické zapojení referenčního zdroje MX581 ve spojení s převodníkem CMOS D/A 10 b MX7533 (či AM7533) je na obr. 55. Na výstupu připojeného operačního zesilovače je možné odebírat výstupní napětí záporné od 0 do -10 V, použije-li se referenční napětí +10 V. Požadujeme-li kladné výstupní napětí převodníku, musí se zapojení upravit. Obvod MX581 se pak provozuje jako dvousvorkový zdroj s napětím -10 V v zapojení podle obr. 56. Záporné referenční napětí se připojí rovněž k vývodu U_{REF} převodníku.

Na obr. 57 je jednoduché zapojení referenčního zdroje s integrovaným obvodem MX581, který je vhodný pro spolupráci s mikroprocesory. Jedna osmina budiče sběrnice 74C240 slouží jako invertující rozhraní mikroprocesoru.



Obr. 56. Dvousvorkový zdroj záporného referenčního napětí -10 V s integrovaným obvodem MX581



Obr. 57. Zapojení integrovaného obvodu MX581 ve spojení s budičem sběrnice/linky 74C240 pro spolupráci s mikroprocesory

Teplotní kompenzace

Jedna z možností jak odstranit nebo potlačit vliv změn teploty na výstupní napětí referenčního zdroje je uměle udržovat určitou teplotu tohoto zdroje — jen málokdy se ovšem daří zaručit skutečně stabilní teplotu. Nabízejí se metody, jak proti nežádoucím změnám teploty působit, např. pomocí komůrky s konstantní teplotou, jejíž teplota je podstatně vyšší než teplota okolí (50 až 85 °C) je možné spolehlivě stabilizovat teplotu referenčního zdroje. Popsaný postup, bohužel, má nežádoucí vedlejší jevy — Zenerova dioda rychleji stárne, zvětšuje se dlouhodobý teplotní součinitel a mění se i některé další parametry. Vlastní vyhřívaná komůrka vyvolává sama o sobě další problémy. Jestliže se teplota komůrky nereguluje pomocí odsávacího ventilu, je nutné použít výkonný napájecí zdroj. Vestavěný termostat může zhoršovat vlastnosti zapojení pokud jde o elektromagnetickou slučitelnost atd.

Lineární nebo proporcionální regulátor sice může popsané problémy zmenšit, je však finančně nákladný a prodlužuje dobu efektivního využití přístroje po jeho zapnutí (fáze oteplování trvá až několik minut). Z těchto důvodů není okamžitě po zapnutí zdroj referenčního napětí dostatečně stabilní. Teplotní šoky, které vedou k velkým teplotním gradientním změnám v referenčním zdroji, jsou toho výsledkem: v této souvislosti mohou např. vnější přípojné vodiče prodloužit dobu ustálení až na 20 minut bez jakéhokoli vztahu k teplotnímu součiniteli komůrky. U šestimístných až osmimístných číslicových měřicích přístrojů se musí počítat s dobou delší než 30 minut po zapnutí.

Někteří výrobci integrovaných obvodů integrují na společný čip jak vlastní zdroj referenčního napětí, tak topné těleso. Oba prvky jsou navzájem elektricky odizolovány a jsou umístěny ve společném, tepelně izolovaném pouzdru. Toto řešení zkracuje dobu oteplování po zapnutí, podstatně se však zhorší obvod tepla. Některé obvody mají navíc nepříjemnou vlastnost — blokují svou funkci pokud se přeruší napájecí napětí nebo se nezapínají v předepsaném sledu jednotlivé zdroje.

Další možnosti, jak kompenzovat teplotu, nabízejí termistory. Tyto součástky mohou, pokud se použijí v zpětnovazební smyčce referenčního oddělovacího zesilovače rezistory (zapojené sériově nebo paralelně) s vhodným odporem, zcela vyhovujícím způsobem kompenzovat teplotu, zatím co se výstupní napětí zesilovače modifikuje s teplotou. Uvedená metoda může podstatně zlepšit funkční schopnost jednoduchého a levného referenčního zdroje napětí v teplotním rozsahu od 5 do 35 °C, ovšem za podmínky, že termistor bude dostatečně blízko kontrolovanému referenčnímu zdroji.

Kompenzace pomocí termistorů vyžaduje detailní znalost elektrických charakteristik referenčního zdroje. Např. integrovaný obvod ICL8069 má typickou charakteristiku výstupního napětí v závislosti na provozní teplotě ve tvaru ležícího písmena S, což do jisté míry umožňuje zlepšit přesnost konstantního napětí v někteých bodech daného teplotního rozsahu. Jakákoli nadměrná kompenzace však vyvolává další chybu, která je větší než ta, kterou má nekompenzovaný zdroj.

Úskalí použití referenčních zdrojů

V podstatě nezáleží na tom, jak dobrý je referenční zdroj, je-li použitý integrovaný obvod nevhodně použit. Proto jsou dále uvedena řešení nejčastěji se vyskytujících problémů.

Šumová napětí a napěťová nesymetrie v zemnicím bodě může zkreslit některá měření. Mnohé integrované obvody samy o sobě vyvolávají šumové jevy. Proto je nezbytné používat pouze kvalitní, přesné integrované zdroje a přitom přihlížet k požadované přesnosti a zaručené tepelné stálosti. Navíc se vyplatí dostatečně pozorně pracovat, čímž se předejde různým problémům.

Použijeme-li k testování napěťových referenčních zdrojů osciloskop, doporučují se "diferenční" vstupy nebo ve spojení s měřicími hlavicemi dělicí poměr 10:1. Předejde se tím nežádoucímu nabití vertikálního zesilovače osciloskopu. Zemnicí přívod hlavice je třeba rovněž spolehlivě zemnit a zachytit interference síťových nebo jiných proudových zdrojů.

Pomocí tzv. článků D, které mají sloužit k napájení referenčního zdroje, je možné izolovat řadu popsaných problémů. Baterie navíc nabízejí dobré a po několik hodin stabilní řízení, přitom se v nich nevytváří zbytkové zvlnění, jak je známe u síťových zdrojů. Protože zdroje referenčního napětí zásadně neslouží k napájení jiných částí přístrojů, reagují mimořádně citlivě na šumy, rušení a impulsní rušení při přechodu vstupních dat (popsané impulsy "glitch").

Každé proudové zatížení nebo zatížení kapacitní může způsobovat nestabilitu, která se též projevuje jako šum. Přepínání referenčního zdroje ze zátěže do jiného stavu je příčinou vzniku rušivých, velmi rychlých impulsů. Proto se musí počítat s dostatečnou dobou zotavení, než se referenční zdroj opět přepne do jiného režimu.

Především převodníky D/A a A/D, které pracují na principu sukcesivní aproximace, jsou vybaveny rychlými spínači, které v okamžiku spínání vyvolávají rychlé, extrémně úzké a energeticky vydatné proudové impulsy, působící na zdroje a referenční vstupy.

Oddělovací zesilovače s rezistory 20 až 100 W mohou tvořit protiváhu popsaným jevům. Naopak kapacity mezi zemí a referenčním výstupem mohou nežádoucí jevy dále zesílit. Použít ke zvětšení budicího výkonu na výstupu referenčního zdroje oddělovací zesilovač není proto vždy nejlepší řešení. Vliv vstupní nesymetrie, teplotního součinitele a teplotní závislosti zesilovače může dále přispět k již existujícím chybám referenčního zdroje. Tento problém se může omezit nebo i potlačit použitím střídačem řízeného operačního zesilovače. Soufázovost a výstupní vlastnosti operačních zesilovačů tohoto druhu jsou méně vhodné pro zpracování signálů, které jsou vzdáleny od zemnicího vedení. I zde se může problém řešit tak, že se použije čtyřdrátový referenční zdroj s vnějším tranzistorem. Některé technické specifikace zdrojů referenčního napětí je možné změnit nebo upravit přepracovaným zapojením, jiné, specifické referenční vlastnosti, se musejí převzít beze změn. Tak např. teplotní součinitel integrovaného zdroje nelze změnit, ale do určité míry jej lze regulovat.

MALÝ KATALOG PRO KONSTRUKTÉRY
INTEGROVANÉ ČÍSLICOVĚ-ANALOGOVÉ PŘEVODNÍKY

Vysvětlivky použitých znaků a zkratek:

EDL chyba diferenční linearity
EG chyba zisku
EFS chyba plného rozsahu
EL chyba linearity
EN chyba nuly
ER chyba relativní přesnosti
EXT vnější zdroj referenčního napětí
INT vnitřní zdroj referenčního napětí
I_O výstupní proud
I_{S+} proudová spotřeba z kladného zdroje
I_{S-} proudová spotřeba ze záporného zdroje
P_{tot} ztrátový výkon celkový
R rozlišení v [b]
SR rychlost přeběhu
t_s doba ustálení
Vst. kód vstupní kód
U_{CC+} napájecí napětí kladné
U_{DD+} napájecí napětí kladné
U_{EE-} napájecí napětí záporné
U_{IH} vstupní napětí v úrovni H
U_{IL} vstupní napětí v úrovni L
U_L napájecí napětí logiky
U_O výstupní napětí
U_{REF} referenční napětí
U_S napájecí napětí
U_{SS-} napájecí napětí záporné
ϑ_a teplota okolí

Ve sloupci „Druh“:

B bipolární
BIM BIMOS
bm násobící s oddělovacím vstupem
CM CMOS
DSP slučitelný s číslicovým signálním procesorem
Hy hybridní
L lineární
LC slučitelný lineárně
M násobící
m monolitický
r rychlý
vr velmi rychlý
S sériový
SI sériové rozhraní
uP slučitelný s mikroprocesory
xbPR xbitový port rozhraní

Ve sloupci „Vstupní kód“:

B binární
Bc binární komplementární
Bo ofset binární
Bob bipolární ofset binární
BCD binární kódovaný decimálně
BCDc komplementární BCD
CBCT komplementární bipolární kódovaná tabulka
COB komplementární ofset binární
CSB komplementární přímý binární
CTC komplementární binární komplementární
U unipolární
UCT unipolární kódovaná tabulka
USB unipolární přímý binární

Ve sloupci „Druh výstupu“:

I proudový výstup
Ib výstupní proud bipolární
Iu výstupní proud unipolární
U napěťový výstup
Ub výstupní napětí bipolární
Uu výstupní napětí unipolární

Ve sloupci „ϑ_a“ (teplota okolí):

A -55 až +125 °C
B -45 až +85 °C
C -25 až +70 °C
D 0 až +70 °C
F -40 až +85 °C

Ve sloupci „P“ (pouzdro):

DIP plastové pouzdro s vývody ve dvou řadách
CDIP keramické pouzdro s vývody ve dvou řadách
MDIP kovové pouzdro s vývody ve dvou řadách
SOIC plastové pouzdro se zmenšenými rozměry, určené pro povrchovou montáž
LCCC keramický nosič čipu s postranními kontakty pro vývod elektrod
PLCC ploché plastové pouzdro s bočními vývody

Ve sloupci „V“ (výrobce):

AD Analog Devices Inc., USA a SRN; zastoupení pro ČR fa Dialog s.r.o., Piešťany, SR
DAT Datel, Inc, USA; zastoupení pro ČR fa ECD-CZ, s.r.o., Praha 4
HFO Halbleiterwerk Frankfurt/Oder, SRN
MX Maxim Integrated Products, Inc., USA a SRN
M Motorola Semiconductor Products Inc., USA, SRN a Praha; zastoupení pro ČR Elbatex Praha
NS National Semiconductor Corp., USA, SRN, Anglie; zastoupení pro ČR Elbatex Praha
P Philips Components, Holandsko a SRN
PMI Precision Monolithics Inc., USA, nyní Analog Devices Inc., USA, SRN
TI Texas Instruments Inc., USA a SRN

Ve sloupci „Z“ (zapojení vývodů):

Používají se mezinárodně normalizovaná označení elektrod, systémů a pouzder. Zapojení vývodů převodníků D/A v pouzdru PLCC je u některých typů shodné s převodníky v pouzdru LCCC podle tabulky:

L28-8 shodné s LC28-8
L28-9 s LC28-9
L28-10 s LC28-10
L28-11 s LC28-11
L28-20 s LC28-20
L28-24 s LC28-24

Vážení čtenáři,

vzhledem ke dvojímu zdražení papíru v letošním roce a i k dalším okolnostem, musel náš vydavatel přistoupit ke zdražení AR obou řad - AR řady A i B bude tedy v příštím roce stát 20,- Kč. Aby se však zdražení dotklo našich stálých čtenářů co nejméně, rozhodl se vydavatel zvýhodnit předplatitele našich časopisů - pro toho, kdy si objedná AR v administraci vydavatele, bude stát jedno číslo časopisu prakticky totéž, co v minulém roce, tj. 15.-Kč.

<u>Objednací lístek</u> je na poslední straně tohoto čísla AR řady B a bude uveřejněn i v AR řady A, č. 12. Předplatitelé budou zvýhodněni i jinak - viz text k objednacímu lístku.

Objednací lístek pro naše slovenské čtenáře je na předposlední straně tohoto čísla AR řady B - prosíme, nepřehlédněte, zvýhodnění předplatitelů na Slovensku je rovnocenné se zvýhodněním českých čtenářů.

Celoroční předplatné je pro všechny čtenáře dále výhodné i tím, že ať již během roku dojde k jakýmkoli cenovým pohybům, dostanou naše časopisy za cenu, odpovídající předplatnému.

A na závěr: co najdete v příštím roce v Amatérském radiu řady B?

Smluvně jsou zajištěny:
AR B1/95 - Zajímavá a praktická zapojení (Tachometr a osvětlení jízdního kola, Síťové časové spínače, Magnetometr, Anténní zesilovač pro VKV II, Běžící světlo jako ukazatel směru, Detektor lži atd. + dokončení příkladů zapojení s IO 555),
AR B2 a B3 - Cívky a transformátory (praktický průvodce),
dále Měniče stejnosměrného napětí na jiné stejnosměrné napětí, Technika plošné montáže, zbývající číslo je v současné době v jednání (pravděpodobně Začínáme s PC nebo Spínané zdroje). ***Red.***

TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+*} max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+*} U_{SS-**} [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_{o*} [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD390JD	12	uP, B	4	4 < 8	10 INT	0,1	D	0/18	0/18	35+	25	15	2	0,8	10b	Ub	0,75	0.75	CDIP28	AD	D28-1
AD390KD		12uP				0,05	D	0/18	0/18	100-	25	15	2	0,8	10b	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-1
AD390SD						0,1	A	0/18	0/18		25	15	2	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-1
AD390TD						0,05	A	0/18	0/18		25	15	2	0,8	10b	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-1
AD394JD	12	uP,CN,m	4	10 < 15	10	0,1	D	O,3-/17	0,3+/17	750	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2
AD394KD		12uP				0,05	D			28+	25						0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2
AD394SD						0,1	A	0,3-/17	0,3+/17	22-	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2
AD394TD						0,05	A				25						0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2
AD395JD	12	uP,CM,m	4	10 < 15	10	0,1	D	0,3-/17	0,3+/17	750	25	15	2,4	0,8	0/10	Uu	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2
AD395KD		12uP				0,05	D			20+	25						0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2
AD395SD						0,1	A	0,3-/17	0,3+/17	22-	25						0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2
AD395TD						0,05	A				25						0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2
AD396JD	14	uP,CM,m	4	10 < 15	10	0,1	D	0,3-/17	0,3+/17	780	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	2	2	CDIP28	AD	D28-3
AD396KD		8uP				0,05	D			28+	25						1	1	CDIP28	AD	D28-3
AD396SD						0,1	A	0,3-/17	0,3+/+7	22-	25						2	2	CDIP28	AD	D28-3
AD396TD						0,05	A				25						1	1	CDIP28	AD	D28-3
AD557JN	8	uP,B,PORT	1	0,8<1,5	INT	1	D	0/18		450	25	5+	2	0,8	0/2,56	Uu	2,5*	1*	DIP16	AD	D16-1
AD557JP		8uP					D			25+	25						2,5*	1*	PLCC20	AD	L20-1
AD558JD	8	uP,B,PORT	1	0,8<1,5	INT	0,5*	D	0/18		450	25	5...15	2	0,8	0/2,56	Uu	1,5*	1*	TO116C	AD	D16-2
AD558JN		8uP				0,5*	D			25+	25	4,5...16,5	2	0,8	0/10	Uu	1,5*	1*	DIP16	AD	D16-2
AD558JP						0,5*	D				25	11,4...16,5	2	0,8	0/10	Uu	1,5*	1*	PLCC20	AD	L20-2
AD558KD						0,25*	D	0/18			25						0,5*	0,5*	TO116C	AD	D16-2
AD558KN						0,25*	D				25						0,5*	0,5*	DIP16	AD	D16-2
AD558KP						O,25*	D				25						0,5*	0,5*	PLCC20	AD	L20-2
AD558SD						0,5*	A				25						1,5*	1*	TO116C	AD	D16-2
AD558TD						0,25*	A				25						0,5*	0,5*	TO116C	AD	D16-2
AD561JD	10	B,r	1	0,25	INT	0,5*	D	4,5/16,5	10,8/16,5	10+	25	15-; 5+	2	0,8	1,5/2,4*	Iu		0,5	CDIP16	AD	D16-3
AD561JN						0,5*	D			16-	25				0,75/1,2*	Ib		0,5	DIP16	AD	D16-3
AD561KD						0,25*	D				25				0/10	Uu		0,25*	CDIP16	AD	D16-3
AD561KN						0,25*	D				25				5b	Ub		0,25*	DIP16	AD	D16-3
AD561SD						0,5*	A				25							0,25	CDIP16	AD	D16-3
AD561TD						0,25	A				25							0,125*	CDIP16	AD	D16-3
AD562AD/BCD	3dig	B, BCD	1	1,5	EXT		C	4,75/15,8	15-	18+	25	15-; 5+	2	0,8	1,6/2,4*	Iu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1
AD562AD/BIN	12	B					C			25-	25				0,8/1,2*	Ib	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1
AD562KD/BCD	3dig	B,BCD					D				25				0,5/5	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1
AD562KD/BIN	12	B					D				25				2,5b	Ub	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1
AD562SD/BCD	3dig	B,BCD					A				25				5b; 10b	Ub	0,01*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1
AD562SD/BIN	12	B					A				25						0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1
AD563AD/BCD	3dig	B, BCD	1	1,5	2,5		D	4,75/15,8	15-	20+	25	15-; 5+	2	0,8	1,6/2,4*	Iu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563AD/BIN	12	B					D			25-	25				0,8/1,2*	Ib	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563KD/BCD	3dig	B,BCD					D				25				0,5/5	Uu	0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563KD/BIN	12	B					D				25				2,5b	Ub	0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563SD/BCD	3dig	B,BCD					A				25				5b; 10b	Ub	0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563SD/BIN	12	B					A				25						0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563TD/BCD	3dig	B,BCD					A				25						0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD563TD/BIN	12	B					A				25						0,25*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2
AD565AJD	12	B,r	1	<0,4	10	0,5	D	11,4/16,5	11,4/16,5	5+	25	15b	2	0,8	1,6/2,4*	Iu	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-3
AD565AKD						0,25	D			18-	25				0,8/1,2*	Ib	0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-3
AD565ASD						0,5	A				25				0/5; 0/10	Uu	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-3
AD565ATD						0,25	A				25				2,5; 5; 10	Ub	0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-3
AD566AJD	12	B,r	1	<0,35	10 EXT	0,5	D		11,4/16,5	18-	25	15-	2	0,8	1,6/2,4*	Iu	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-4
AD566AKD						0,25	D				25				0,8/1,2*	Ib	0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-4
AD566ASD						0,5	A				25				0/5; 0/10	Uu	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-4
AD566ATD						O,25	A				25				2,5; 5; 10	Ub	0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-4
AD568JQ	12	B vr	1	0,035	INT	1	D	0/18	0/18	32+, 8-	25	15b	2<7	0,8	0/10,24	Iu	0,5	1	CDIP24	AD	D24-5
AD568KQ							D				25				5,12	Ib	0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-5
AD568SQ							A				25				0/1,024	Uu	0,5	1	CDIP24	AD	D24-5
															0,512	Ub					
AD569AD	16	BiM	1	3<5	5b*		C	0,3-/18	0,3+/18	I3+, 13-	25	12b	2<5,5	0,8	5	Ub	0,04§	1	CDIP28	AD	D28-4
AD569BD		8,16uP					C				25						0,024§	0,5	CDIP28	AD	D28-4
AD569JN							D				25						0,04§	1	DIP28	AD	D28-4
AD569JP							D				25						0,04§	1	PLCC28	AD	L28-1
AD569KN							D				25						0,024§	0,5	DIP28	AD	D28-4
AD569KP							D				25						0,024§	0,5	PLCC28	AD	L28-1
AD569SD							A				25						0,04§	1	CDIP28	AD	D28-4
AD664AD-BIP	12	BiM	4	8<10	10*	7	BB	0/18	0/18	1000	25	15b, U_{LL}=5+	2	0,8	U_{EE}+2/U_{CC}-2	Ub	0,75	1	CDIP28	AD	D28-5
AD664AD-UNI		m					BB	U_{LL}=O/7+		15+, 19-	25				0/U_{CC}-2	Uu	0,75	1	CDIP28	AD	D28-5
AD664AJ		12uP					BB				25				program.	Uu	0,75	1	LCC44	AD	L44-1
AD664BD-BIP	12	BiM	4	8<10	10*	5	BB				25				U_{EE}+2/U_{CC}-2	Ub	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-5
AD664BD-UNI		m					BB				25				0/U_{CC}-2	Uu	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-5
AD664BE		12uP					BB				25				program		0,5	0,75	LCC44	AD	L44-1
AD664BJ							BB				25				program		0,5	0,75	JCC44	AD	L44-1
AD664JN-BIP	12	BiM	4	8<10	10*	7	D				25				U_{EE}+2/U_{CC}-2	Ub	0,75	1	DIP28	AD	D28-5
AD664JN-UNI		m					D				25				0/U_{CC}-2	Uu	0,75	1	DIP28	AD	D28-5
AD664JP		12uP					D				25				program		0,75	1	PLCC44	AD	L44-1

TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD664KN-BIP	12	BiM	4	8<10	10*	5	D				25				U_{EE}+2/U_{CC}-2	Ub	0,5	0,75	DIP28	AD	D28-5
AD664KN-UNI		m					D				25				0/U_{CC}-2	Uu	0,5	0,75	DIP28	AD	D28-5
AD664KP		12uP					D				25				program		0,5	0,75	PLCC44	AD	L44-1
AD664SD-BIP	12	BiM	4	8<10	10*	7	A				25				U_{EE}+2/U_{CC}-2	Ub	0,75	1	CDIP28	AD	D28-5
AD664SD-UNI		m					A				25				0/U_{CC}-2	Uu	0,75	1	CDIP28	AD	D28-5
AD664TD-BIP	12	BiM		8<10	10*	5	A				25				U_{EE}+2/Ucc-2	Ub	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-5
AD664TD-UNI		12uP					A				25				0/U_{CC}-2	Uu	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-5
AD667AD	12	B, uP	1	3<4	10	0,2*	C	18b		1000	25	15b	2	0,8	2,5, 5, 10	Ub	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-6
AD667BD							C				25				5, 10	Uu	0,25	0,5	CDIP28	AD	D28-6
AD667JN							D				25						0,5	0,75	DIP28	AD	D28-6
AD667JP							D				25						0,5	0,75	PLCC28	AD	L28-2
AD667KN							D				25						0,25	0,5	DIP28	AD	D28-6
AD667KP							D				25						0,25	0,5	PLCC28	AD	L28-2
AD667SD							A				25						0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-6
AD667SE							A				25						0,5	0,75	LCC28	AD	L28-2
AD668AQ	12	M,B,vr	1	0,025	1	1*	F	18b		670	25	15b	2	0,8	0/1,024	Uu	0,5	0,5	CDIP24	AD	D24-6
AD668JQ				B,OB			D				25				0,512	Ub	0,5	1	CDIP24	AD	D24-6
AD668KQ							D				25						0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-6
AD668SQ							A				25						0,5	0,5	CDIP24	AD	D24-6
AD669AN	16	BiM	1	8<13	10	0,15	F	0,3-/17	0,3+/17	1000	25	15b, U_{LL}=15	2	0,8	0/10	Uu	2	2	DIP28	AD	D28-7
AD669AQ		uP				0,1	F				25				10	Ub	2	2	CDIP28	AD	D28-7
AD669AR						0,15	F				25						2	2	SO28	AD	SO28-7
AD669BN						0,1	F				25						1	1	DIP28	AD	D28-7
AD669BQ						0,1	F				25						1	1	CDIP28	AD	D28-7
AD669BR						0,1	F				25						1	1	SO28	AD	SO28-7
AD669SQ						0,1	A				25						2	2	CDIP28	AD	D28-7
AD766AN	16	BiM, DSP	1	1,5		2	F	0/13,2	0/13,2		F	5b	2	0,8	3b0,12	Ub			DIP16	AD	D16-4
AD766JN							D				D				1b0,3*	Ib			DIP16	AD	D16-4
AD766SD							A				A								CDIP16	AD	D16-4
AD767AD	12	B	1	3<4	10	0,2	C	0/18	0/18	1000	25	15b	2	0,8	2,5, 5, 10	Ub	1	1	CDIP24	AD	D24-7
AD767BD		uP					C				25				5, 10	Uu	0,5	1	CDIP24	AD	D24-7
AD767JN							D				25						1	1	DIP24	AD	D24-7
AD767JP							D				25						1	1	PLCC28	AD	L28-3
AD767KN							D				25						0,5	1	DIP24	AD	D24-7
AD767KP							D				25						0,5	1	PLCC28	AD	L28-3
AD767SD							A				25	15b	2	0,7	2,5, 5, 10	Ub	1	1	CDIP24	AD	D24-7
															5, 10	Uu					
AD1139J	18	H, r	1	6u, 8b	-10	0,01u*	D	5+, 15b			25	15b, 5+*	3,5	0,8	1*	Iu	1	1	CDIP32	AD	D32-1
AD1139K						0,02b*	D				25				0,5*	Ib	0,5	0,5	CDIP32	AD	D32-1
															5, 10	Uu					
															5, 10	Ub					
					THD+N																
AD1851N	16	PCM CMOS	1	1	0,008	1	D	0/6,5	0/6,5	100	25	5b, 5+	2	0,8	3+-0,12	Ub		0,001	DIP16	AD	D16-5
AD1851N-J		Audio nš			0,004										1*	Ib			DIP16	AD	D16-5
AD1851R					0,008														SO16	AD	SO16-5
AD1851R-J					0,004														SO16	AD	SO16-5
AD1856N	16	PCM CMOS	1	1	0,008	2	B	4,5/13,2	4,75/13,2	150	25	5b -5*	2,4	0,8	3	Ub		0,001	DIP16	AD	D16-6
AD1856N-J		Audio			0,004										1*	Iu			DIP16	AD	D16-6
AD1856N-K					0,0025										f_{CL}>10MHz				DIP16	AD	D16-6
AD1856R					0,008														SO16	AD	SO16-6
AD1856R-J					0,004														SO16	AD	SO16-6
AD1856R-K					0,0025														SO16	AD	SO16-6
AD1860N	18	PCM BiC	1	1	0,008	2%	D	0/13,2b	U_L=0/13,2	318	25	5b, U_L=5b	2	0,8	3b0,12	Ub		0,001	DIP16	AD	D16-6
AD1860N-J		Audio			0,004										1*	Ib			DIP16	AD	D16-6
AD1860N-K					0,0025										f_{CL}>12,5MHz				DIP16	AD	D16-6
AD1860R					0,008														SO16	AD	SO16-6
AD1860R-J					0,004														SO16	AD	SO16-6
AD1860R-K					0,0025														SO16	AD	SO16-6
AD1861N	18	PCM CMOS	1	1	0,008	1	D	0/6,5	0/6,5	100	25	5b, 5+	2	0,8	3+-0,12	Ub		0,001	DIP16	AD	D16-5
AD1861N-J		Audio nš			0,004										1*	Ib			DIP16	AD	D16-5
AD1861R					0,008														SO16	AD	SO16-5
AD1861R-J					0,004														SO16	AD	SO16-5
AD1861N	20	BiC	1	0,35	0,0025	1%	B	10,8/13,2	U_L=4,75/13,2	372	25	12b	2	0,8	1*	Ib			DIP16	AD	D16-7
AD1862N-J		Audio vnš			0,0016										f_{CL}>17MHz				DIP16	AD	D16-7
AD1864N	18	BiC	2		0,006	1%	D	4,75/13,2	U_L=4,75/13,2	265	25	5b, U_L=5b	2	0,8	3b0,12	Ub			DIP24	AD	D24-8
AD1864N-J		Audio			0,004										1*	Ib			DIP24	AD	D24-8
AD1864N-K					0,0025										f_{CL}>12,7MHz				DIP24	AD	D24-8
AD1864P					0,006														PLCC28	AD	LC28-1
AD1864P-J					0,004														PLCC28	AD	LC28-1
AD1865N	18	BiC	2		0,006	1%	B	0/6	U_L=0/6	260	25	5+, U_L=5b	2	0,8	3b0,06	Ub			DIP24	AD	D24-9
AD1865N-J		Audio			0,004										1*	Ib			DIP24	AD	D24-9
AD1865R					0,006										f_{CL}>13,5MHz				SO28	AD	SO28-1
AD1865R-J					0,004														SO28	AD	SO28-1
AD1866N	16	BiC	2		0,01	3%	F	3,5/5,25	U_L=3,5/5,25	65	25	5+	2,4	0,8	1	Ub			DIP16	AD	D16-8
AD1866R		Audio			0,01										f_{CL}>13,5 MHz				SO16	AD	SO16-1

TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD1868N	18	BiC	2		0,008	1%	F	0/6	U_L=0/6		25	5+	2,4	0,8	1	Ub			DIP16	AD	D16-8
AD1868N-J		Audio			0,006										f_{CL}>13,5MHz				DIP16	AD	D16-8
AD1868R					0,008														SO16	AD	SO16-1
AD1868R-J					0,006														SO16	AD	SO16-1
					[dB]	[dB]															
AD7111BQ	0	Dělič UI	1		0/60	0,15	C	0/7*		450	25	5	2,4	0,8	t_{out}=0				CDIP16	AD	D16-9
AD7111CQ	dB	CMOS			0/72	0,1	C												CDIP16	AD	D16-9
AD7111KN		Log M			0/60	0,15	D												DIP16	AD	D16-9
AD7111LN					0/72	0.1	D												DIP16	AD	D16-9
AD7111TE/883					0/60	0,15	A												LCCC20	AD	LC20-1
AD7111TQ					0/60	0,15	A												CDIP16	AD	D16-9
AD7111UQ					0/72	0,1	A												CDIP16	AD	D16-9
AD7118BQ	1,5dB	Dělič UI	1		0/42		C	0/17*		450	25	5+	3	0.8					CDIP14	AD	D14-1
AD7118CQ		CMOS			0/42		C				25	15+	13,5	1,5					CDIP14	AD	D14-1
AD7118KN		Log M			0/42		D												DIP14	AD	D14-1
AD7118LN					0/48		D												DIP14	AD	D14-1
AD7118TQ					0/42		A												DIP14	AD	D14-1
AD7118UQ					0/48		A												DIP14	AD	D14-1
AD7224BQ	8	LCC MOS	1	5	10	2	F	0,3-/17		450	F	11,4/16,5	2,4	0,8	10	Uu	1	1	CDIP18	AD	D18-1
AD7224CQ		uP		B		1	F	5-*									0,5	1	CDIP18	AD	D18-1
AD7224KN						2	F										1	1	DIP18	AD	D18-1
AD7224KP						2	F										1	1	PLCC20	AD	L20-3
AD7224KR-1						2	F										1	1	SO20	AD	SO20-1
AD7224LN						1	F										0,5	1	DIP18	AD	D18-1
AD7224LP						1	F										0,5	1	PLCC20	AD	L20-3
AD7224LR-1						1	F										0,5	1	SO20	AD	SO20-1
AD7224TE						2	A	0,3-/17		450	A	11,4/16,5	2,4	0,8	10	Uu	1	1	LCC20	AD	LC20-2
AD7224TQ						2	A	5-*			A						1	1	CDIP18	AD	D18-1
AD7224UE						1	A				A						0,5	1	LCC20	AD	LC20-2
AD7224UQ						1	A				A						0,5	1	CDIP18	AD	D18-1
AD7225BQ	8	LCC MOS	4	5	2/	2; 1*	F	0,3-/17*	7		F	11,4/16,5	2,4	0,8	10	Uu	1*	1	CDIP24	AD	D24-11
AD7225CQ		uP		B	(U_{DD}-4)	1; 0,5*	F	5-			F	5-					0,5*	1	CDIP24	AD	D24-11
AD7225KN						2; 1*	F				F						1*	1	DIP24	AD	D24-11
AD7224KP						2; 1*	F				F						1*	1	PLCC28	AD	L28-4
AD7224KR						2; 1*	F				F						1*	1	SO24	AD	SO24-1
AD7225LN						1; 0,5*	F				F						0,5*	1	DIP24	AD	D24-1
AD7225LP						1; 0,5*	F				F						0,5*	1	PLCC28	AD	L28-4
AD7225LR						1; 0,5*	F				F						0,5*	1	SO24	AD	SO24-1
AD7225TE						2; 1*	A	0,3-/17*	7		A	11,4/16,5	2,4	0,8	10	Uu	1*	1	LCCC28	AD	LC28-2
AD7225TQ						2; 1*	A	5-			A	5-					1*	1	CDIP24	AD	D24-11
AD7225UE						1; 0,5*	A				A						0,5*	1	LCC28	AD	LC28-2
AD7225UQ						1; 0,5*	A				A						0,5*	1	CDIP24	AD	D24-11
AD7226BQ	8	LCC MOS	4	5	2/	1*	F	0,3-/17*	7-/UDD	500	F	11,4/16,5	2,4	0,8			1,5*	1	CDIP20	AD	D20-1
AD7226KN		uP		>2,5*	(U_{DD}-4)	1*	F				F	5-*					1,5*	1	DIP20	AD	D20-1
AD7226KP				B		1*	F				F	15*	2,4	0,8	U_{REF}=10V		1,5*	1	PLCC20	AD	L20-4
AD7226KR						1*	F				F	AGND**					1,5*	1	SO20	AD	SO20-1
AD7226TE						1*	A	0,3-/17	7-/UDD	500	F						1,5*	1	LCCC20	AD	LC20-3
AD7226TQ						1*	A				F						1,5*	1	CDIP20	AD	D20-1
AD7228BQ	8	LCC MOS	8	<5	2<10	1*	F	0,3-/17*	24/0,3+	1000	F	10,8/16,5	2,4	0,8			1*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228CQ				>2*		0,5*	F	17+*			F	5-**					0,5*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228KN				B		1*	F				F	15*, 0**			U_{REF}=10V		1*	1	DIP24	AD	D24-12
AD7228KP						1*	F				F						1*	1	PLCC28	AD	L28-5
AD7228KR						1*	F				F						1*	1	SO24	AD	SO24-12
AD7228LN						0,5*	F				F						0,5*	1	DIP24	AD	D24-12
AD7228LP						0,5*	F				F						0,5*	1	PLCC28	AD	L28-5
AD7228LR						0,5*	F				F						0,5*	1	SO24	AD	SO24-12
AD7228TE						1*	A	0,3-/17*	24/0,3+	1000	A	10,8/16,5*	2,4	0,8			1*	1	LCCC28	AD	LC28-3
AD7228TQ						1*	A	17+*			A	5-**					1*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228UE						0,5*	A				A	15*, 0**			U_{REF}=10V		0,5*	1	LCCC28	AD	LC28-3
AD7228UQ						0,5*	A				A						0,5*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228ABN	8	LCC MOS	8	<5	2<10	1*	F	0,3-/17*	24/0,3+	1000	F	10,8/16,5*	2,4	0,8			1*	1	DIP24	AD	D24-12
AD7228ABP				>2*		1*	F				F	5-**					1*	1	PLCC28	AD	L28-5
AD7228ABQ				B		1*	F				F	15+*, 0**			U_{REF}=10V		1*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228ABR						1*	F				F	5+*, 5-**			U_{REF}=1,25V		1*	1	SO24	AD	SO24-12
AD7228ACN						0,5*	F				F						0,5*	1	DIP24	AD	D24-12
AD7228ACP						0,5*	F				F						0,5*	1	PLCC28	AD	L28-5
AD7228ACQ						0,5*	F				F						0,5*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228ACR						0,5*	F				F						0,5*	1	SO24	AD	SO24-12
AD7228ATQ						1*	A	0,3-/17*	24/0,3+	1000	A						1*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7228AUQ						0,5*	A				A						0,5*	1	CDIP24	AD	D24-12
AD7233AN	12	LCC MOS	1	<10		1*	F	0,3-/17	17/0,3+**	450	F	12/15*	2,4	0,8	5	Ub	8*	0,9; 6*	DIP8	AD	D8-1
AD7233BN		PORT		B		0,5*	F				F	12-/15-**							DIP8	AD	D8-1
AD7237AQ	12	LCC MOS	1	<10	5	1*	F	0,3-/17*		1000	F	15+*	2,4	0,8	5+, 10+	Uu	5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13
AD7237BQ		PORT		B,U		0,5*	F				F	0/15**			5b	Ub	5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13
AD7237JN						1*	F				F						5*	0,9; 4*	DIP24	AD	D24-13
AD7237JR						1*	F				F						5*	0,9; 4*	SO24	AD	SO24-13
AD7237KN						0,5*	F				F						5*	0,9; 4*	DIP24	AD	D24-13
AD7237KR						0,5*	F				F						5*	0,9; 4*	SO24	AD	SO24-13
AD7237SQ				<12		1*	F	0,3-/17*		1000	F						5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13

TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD7237TQ				<12		0,5	F				F						5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13
AD7242AQ	12	LCC MOS	2	<3	3+-0,1		F	0,3-/7*	0,3+/7**	550	F	5+*, 5-**	2,4	0,8	3	Ub	1; 5*	1; 5b*	CDIP24	AD	D24-15
AD7242BQ		S			3+-0,15		F				F						0,5; 5*	1; 5b*	CDIP24	AD	D24-15
AD7242JN							D	0,3-/7*	0,3+/7**	550	D						1; 5*	1; 5b*	DIP24	AD	D24-15
AD7242JR							D				D						1; 5*	1; 5b*	SO28	AD	SO28-2
AD7242KN							D				D						0,5; 5*	1; 5b*	DIP24	AD	D24-15
AD7242KR							D				D						0,5; 5*	1; 5b*	SO28	AD	SO28-2
AD7243AN	12	LCC MOS	1	<10	5+-0,05	1*	F	0,3-/17*	0,3+/17*	450	F	12-15*, 0**	2,4	0,8	5, 10	Uu	6*	0,9;5b*	DIP16	AD	D16-10
AD7243AQ		S		UCT	INT	1*	F				F	12-15b*,**			5, 10	Uu	6*	0,9;5b*	CDIP16	AD	D16-10
AD7243AR				CBCT		1*	F				F				5	Ub	6*	0,9;5b*	SO16	AD	SO16-10
AD7243BN						0,5*	F				F						6*	0,9;5b*	DIP16	AD	D16-10
AD7243BQ						0,5*	F				F						6*	0,9;5b*	CDIP16	AD	D16-10
AD7243BR						0,5*	F				F						6*	0,9;5b*	SO16	AD	SO16-10
AD7243SQ						1*	A				A						7*	0,9;6b*	CDIP16	AD	D16-10
AD7244AQ	14	LCC MOS	2	<4	3+-0,01		F	0,3-/7*	0,3+/7**	550	F	5*, 5-**	2,4	0,8	3	Ub	2; 10*	1; 10b*	CDIP24	AD	D24-15
AD7244JN		S			3+-0,15		D				D						2; 10*	1; 10b*	DIP24	AD	D24-15
AD7244JR					INT		D				D						2; 10*	1;10b*	SO28	AD	SO28-2
AD7244SQ							A				A						2; 10*	1;10b*	CDIP24	AD	D24-15
AD7245AAN	12	LCC MOS	1	<10	5+-0,1	1*	F	0,3-/17*		450	F	12-15*, 0**	2,4	0,8	5, 10	Uu		1; 3b*	DIP24	AD	D24-16
AD7245AAP		PORT		B,U		1*	F				F	12/15-**			5	Ub		1; 3b*	PLCC28	AD	L28-6
AD7345AAQ						1*	F				F							1; 3b*	CDIP24	AD	D24-16
AD7245AAR						1*	F				F							1; 3b*	SOIC24	AD	SO24-16
AD7245ABN						0,5*	F				F							1; 3b*	DIP24	AD	D24-16
AD7245ABR						0,5*	F				F							1; 3b*	SOIC24	AD	SO24-16
AD7245ASE						1*	A				A							1; 3b*	LCCC28	AD	LC28-4
AD7245ASQ						1*	A				A							1; 3b*	CDIP24	AD	D24-16
AD7247AQ	12	LCC MOS	1	<10	5	1*	F	0,3-/17*		1000	F	15+*,0/15-**	2,4	0,8	5, 10	Uu	5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-14
AD7247BQ		PORT	B,U	<10		0,5*	F				F				5	Ub	5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-14
AD7247JN				<10		1*	F				F						5*	0,9; 4*	DIP24	AD	D24-14
AD7247JR				<10		1*	F				F						5*	0,9; 4*	SOIC24	AD	SO24-14
AD7247KN				<10		0,5*	F				F						5*	0,9; 4*	DIP24	AD	D24-14
AD7247KR				<10		0,5*	F				F						5*	0,9; 4*	SOIC24	AD	SO24-14
AD7247SQ				<12		1*	A				A						5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-14
AD7247TQ				<12		0,5*	A				A						5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-14
AD7248AAN	12	LCC MOS	1	<10	5+-0,01	1*	F	0,3-/17*		450	F	12-15*,0**	2,4	0,8	5, 10	Uu		1; 3b	DIP20	AD	D20-2
AD7248AAP		PORT		B,U		1*	F				F	12-15*			5, 10	Uu		1; 3b	PLCC20	AD	L20-5
AD7248AAQ						1*	F				F	12-/15-**			5	Ub		1; 3b	CDIP20	AD	D20-2
AD7248AAR						1*	F				F							1; 3b	SOIC20	AD	SO20-2
AD7248ABN						0,5*	F				F							1; 3b	DIP20	AD	D2O-2
AD7248ABR						0,5*	F				F							1; 3b	SOIC20	AD	SO20-2
AD7248ASQ						1*	A				A							1; 3b	CDIP20	AD	D20-2
AD7524AQ	8	CMOS	1	<0,4	10	0,5*	F	0,3-/17*		450	25	5+*	2,4	0,8	0		0,5		CDIP16	AD	D16-11
		bm		<0,25		0,5*					25	15+*	13,5	1,5	0		0,5				
AD7524BQ		uP		Ub,Bo		0,5*	F				25	5+*					0,5		CDIP16	AD	D16-11
						0,25*					25	15+*					0,25				
AD7524CQ						0,5*	F				25	5+*					0,5		CDIP16	AD	D16-11
						0,125*					25	15+*					0,125				
AD7524JN						0,5*	F				25	5+*					0,5		DIP16	AD	D16-11
						0,5*					25	15+*					0,5				
AD7524JP						0,5*	F				25	5+*					0,5		PLCC20	AD	L20-6
						0,5*					25	15+*					0,5				
AD7524JR						0,5*	F				25	5+*					0,5		SOIC16	AD	SO16-11
						0,5*					25	15+*					0,5				
AD7524KN						0,5*	F				25	5+*					0,5		DIP16	AD	D16-11
						0,25*					25	15+*					0,25				
AD7524KP						0,5*	F				25	5+*					0,5		PLCC20	AD	L20-6
						0,25*					25	15+*					0,25				
AD7524KR						0,5*	F				25	5+*					0,5		SOIC16	AD	SO16-11
						0,25*					25	15+*					0,25				
AD7524LN						0,5*	F				25	5+*					0,5		DIP16	AD	D16-11
						0,125*					25	15+*					0,125				
AD7524LP						0,5*	F				25	5+*					0,5		PLCC20	AD	L20-6
						0,125*					25	15+*					0,125				
AD7524LR						0,5*	F				25	5+*					0,5		SOIC16	AD	SO16-11
						0,125*					25	15+*					0,125				
AD7524SE						0,5*	A	0,3-/17*		450	25	5+*	2,4	0,8	0		0,5		LCCC20	AD	LC20-6
						0,5*					25	15+*	13,5	1,5	0		0,5				
AD7524SQ						0,5*	A				25	5+*					0,5		CDIP16	AD	D16-11
						0,5*					25	15+*					0,5				
AD7524TE						0,5*	A				25	5+*					0,5		LCCC20	AD	LC20-6
						0,25*					25	15+*					0,25				
AD7524TQ						0,5*	A				25	5+*					0,5		CDIP16	AD	D16-11
						0,25*					25	15+*					0,25				
AD7524UE						0,5*	A				25	5+*					0,5		LCCC20	AD	LC20-6
						0,125*					25	15+*					0,125				
AD7524UQ						0,5*	A				25	5+*					0,5		CDIP16	AD	D16-11
						0,125*					25	15+*					0,125				
AD7528AQ	8	CMm	1	0,35	10	4; 1*	F	0/17*		450	25	5+*	2,4	0,8	0			1	CDIP20	AD	D20-3
				0,18								25	15+*	13,5	1,5	0					
AD7528BQ				Ub,Bob		2; 0,5*	F				25							1	CDIP20	AD	D20-3

TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD7528CQ						1; 0,5*	F				25							1	CDIP20	AD	D20-3
AD7528JN						4; 1*	F	0/17*		450	25	5+*	2,4	0,8	0			1	DIP20	AD	D20-3
AD7528JP						4; 1*	F				25	15+*	13,5	1,5	0			1	PLCC20	AD	L20-7
AD7528JR						4; 1*	F				25							1	SOIC20	AD	SO20-3
AD7528KN						2; 0,5*	F				25							1	DIP20	AD	D20-3
AD7528KP						2; 0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-7
AD7528KR						2; 0,5*	F				25							1	SOIC20	AD	SO20-3
AD7528LN						1; 0,5*	F				25							1	DIP20	AD	D20-3
AD7528LP						1; 0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-7
AD7528LR						1; 0,5*	F				25							1	SOIC20	AD	SO20-3
AD7528SE						4; 1*	A	0/17*		450	25	5+*	2,4	0.8	0			1	LCCC20	AD	LC20-7
AD7528SQ						4; 1*	A				25	15+*	13,5	1.5	0			1	CDIP20	AD	D20-3
AD7528TE						2; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-7
AD7528TQ						2; 0,5*	A				25							1	CDIP20	AD	D20-3
AD7528UE						1; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-7
AD7528UQ						1; 0,5*	A				25							1	CDIP20	AD	D20-3
AD7533AQ	10	CM m	1	0,6	10	1,4	F	0,3-/17*		450	25	15+	2,4	0,8	0		0,2		CDIP16	AD	D16-12
AD7533BQ							F				25						0,1		CDIP16	AD	D16-12
AD7533CQ							F				25						0,05		CDIP16	AD	D16-12
AD7533JN							F	0,3-/17*		450	25	15+	2,4	0,8	0		0,2		DIP16	AD	D16-12
AD7533JP							F				25						0,2		PLCC20	AD	L20-8
AD7533JR							F				25						0,2		SOIC20	AD	SO16-12
AD7533KN							F				25						0,1		DIP16	AD	D16-12
AD7533KP							F				25						0,1		PLCC20	AD	L20-8
AD7533KR							F				25						0,1		SOIC20	AD	SO16-12
AD7533LN							F				25						0,05		DIP16	AD	D16-12
AD7533LP							F				25						0,05		PLCC20	AD	L20-8
AD7533LR							F				25						0,05		SOIC20	AD	SO16-12
AD7533SE							A	0,3-/17*		450	25	15+	2,4	0,8	0		0,2		LCCC20	AD	LC20-8
AD7533SQ							A				25						0,2		CDIP16	AD	D16-12
AD7533TE							A				25						0,1		LCCC20	AD	LC20-8
AD7533TQ							A				25						0,1		CDIP16	AD	D16-12
AD7533UE							A				25						0,05		LCCC20	AD	LC20-8
AD7533UQ							A				25						0,05		CDIP16	AD	D16-12
AD7534AQ	14	LCC MOS	1	<1,5	10	2*	C	0,3-/17*	0,3+/15	450	C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP20	AD	D20-4
AD7534BQ		m uP		B, Ub		1*	C				C	0,3-**					4*	1	CDIP20	AD	D20-4
AD7534JN						2*	D	0,3-/17*	0,3+/15	450	D	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	DIP20	AD	D20-4
AD7534JP						2*	D				D	0,3-**					8*	1	PLCC20	AD	L20-9
AD7534KN						1*	D				D						4*	1	DIP20	AD	D20-4
AD7534KP						1*	D				D						4*	1	PLCC20	AD	L20-9
AD7534SQ						2*	A	0,3-/17*	0,3+/15	450	A	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP20	AD	D20-4
AD7534TQ						1*	A				A	0,3-**					4*	1	CDIP20	AD	D20-4
AD7535AQ	14	LCC MOS	1	<1,5	10	2*	C	0,3-/17*	0,3+/15	1000	C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP28	AD	D28-8
AD7535BQ		m uP		B,Ub		1*	C				C	0,3-**					4*	1	CDIP28	AD	D28-8
AD7535JN						2*	D	0,3-/17*	0,3+/15	1000	D						8*	1	DIP28	AD	D28-8
AD7535JP						2*	D				D						8*	1	PLCC28	AD	L28-8
AD7535KN						1*	D				D						4*	1	DIP28	AD	D28-8
AD7535KP						1*	D				D						4*	1	PLCC28	AD	L28-8
AD7535SE						2*	A	0,3-/17*	0,3+/15	1000	A	11,4/15.75*	2,4	0,8	0		8*	1	LCCC28	AD	LC28-8
AD7535SQ						2*	A				A	0,3-**					8*	1	CDIP28	AD	D28-8
AD7535TE						1*	A				A						4*	1	LCCC28	AD	LC28-8
AD7535TQ						1*	A				A						4*	1	CDIP28	AD	D28-8
AD7536AQ	14	LCC MOS	1	<1,5	10	2*	C	0,3-/17*	0,3+/15		C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		16*	1	CDIP28	AD	D28-9
AD7536BQ		m uP		Bo		1*	C				C	0,3-**					8*	1	CDIP28	AD	D28-9
AD7536JN						2*	D	0,3-/17*	0,3+/15		D	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		16*	1	DIP28	AD	D28-9
AD7536JP						2*	D				D	0,3-**					16*	1	PLCC28	AD	LC28-9
AD7536KN						1*	D				D						8*	1	DIP28	AD	DIP28
AD7536KP						1*	D				D						8*	1	PLCC28	AD	LC28-9
AD7536SE						2*	A	0,3-/17*	0,3+/15		A	11,4/15,75	2,4	0,8	0		16*	1	LCCC28	AD	LC28-9
AD7536SQ						2*	A				A	0,3-**					16*	1	CDIP28	AD	D28-9
AD7536TE						1*	A				A						8*	1	LCCC28	AD	LC28-9
AD7536TQ						1*	A				A						8*	1	CDIP28	AD	D28-9
AD7537AQ	12	LCC MOS	1	<1,5	10	6; 1*	F	0,3-/17*		450	F	12/15*	2,4	0,8	0			1	CDIP24	AD	D24-19
AD7537BQ		uP		Ub,Bob		3; 0,5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-19
AD7537CQ						1;0,5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-19
AD7537JN						6; 1*	F				F							1	DIP24	AD	D24-19
AD7537JP						6; 1*	F				F							1	PLCC28	AD	L28-10
AD7537KN						3; 0,5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-19
AD7537KP						3; 0,5*	F				F							1	PLCC28	AD	L28-10
AD7537LN						1; 0,5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-19
AD7537LP						1; 0,5*	F				F							1	PLCC28	AD	L28-10
AD7537SE						6; 1*	A	0,3-/17*		450	A	12/15*	2,4	0,8	O			1	LCCC28	AD	LC28-10
AD7537SQ						6; 1*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-19
AD7537TE						3; 0,5*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-10
AD7537TQ						3; 0,5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-19
AD7537UE						2; 0,5*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-10
AD7537UQ						2; 0,5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-19
AD7538AQ	14	LCC MOS	1	<1,5	10	2*	C	0,3-/17*	0,3+/15	1000	C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP24	AD	D24-10A
AD7538BQ		uP		Ub,Bob		1*	C				C	0,3-**					4*	1	CDIP24	AD	D24-10A
AD7538JN						2*	D	0,3-/17*	0,3+/15	1000	D	11,4/15,75	2,4	0,8	0		8*	1	DIP24	AD	D24-10A
AD7538JR						2*	D				D	0,3-**					8*	1	SOIC24	AD	SO24-10A
AD7538KN						1*	D				D						4*	1	DIP24	AD	D24-10A

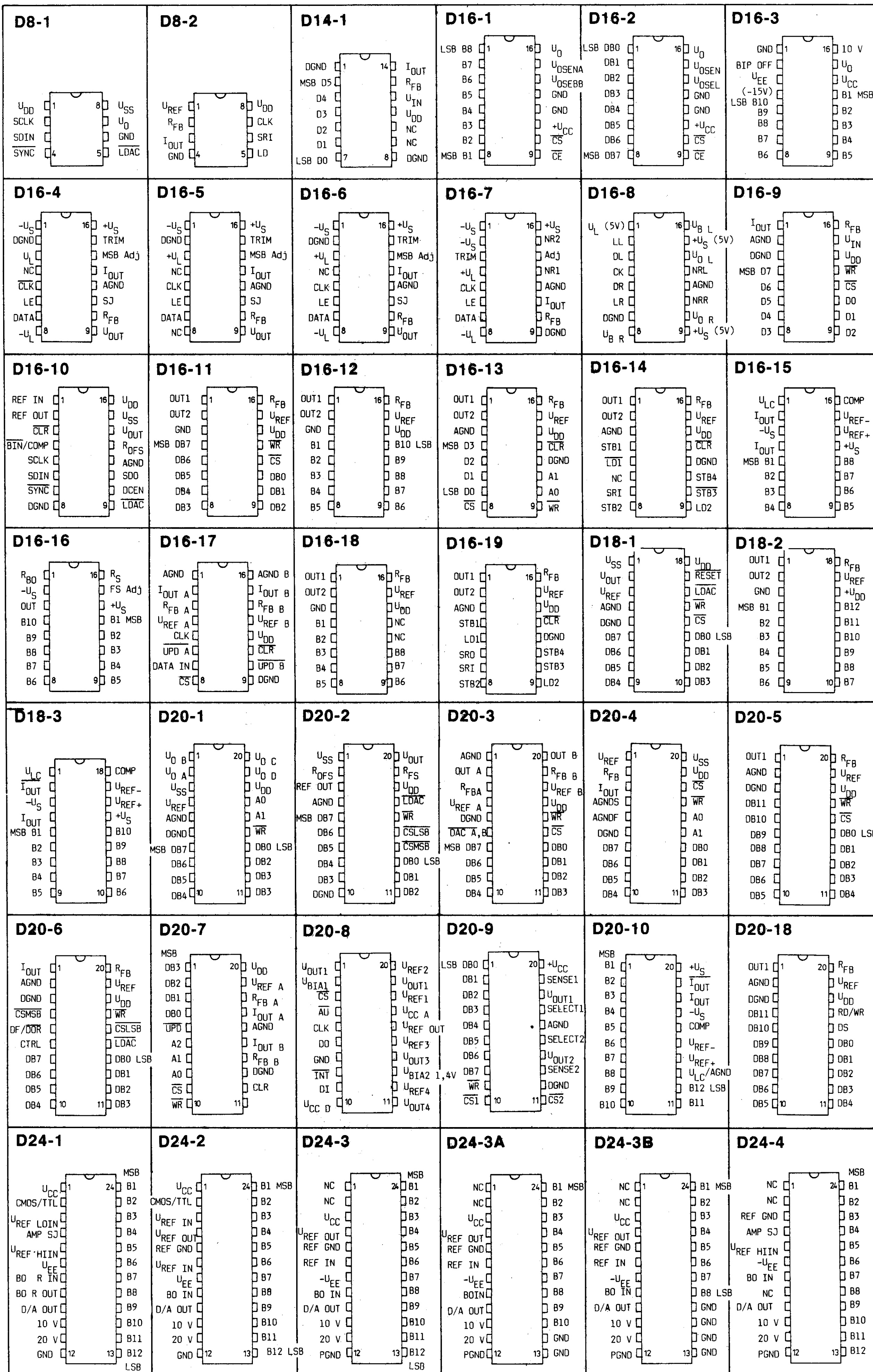
TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD7538KR						1*	D				D						4*	1	SOIC24	AD	SO24-10A
AD7538SQ						2*	A	0,3-/17*	0,3+/15	1000	A	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP24	AD	D24-10A
AD7538TQ						1*	A				A	0,3-**					4*	1	CDIP24	AD	D24-10A
AD7541AAQ	12	CMOS	1	0,6	10	6; 1*	C	17*		450	25	15+*	2,4	0,8	0			1	CDIP18	AD	D18-2
AD7541ABQ				Ub,Bob	EXT	3; 0,5*	C				25							0,5	CDIP18	AD	D18-2
AD7541AJN						6; 1*	D	17*		450	25	15+*	2,4	0,8	0			1	DIP18	AD	D18-2
AD7541AJP						6; 1*	D				25							1	PLCC20	AD	L20-10
AD7541AKN						3; 0,5*	D				25							0,5	DIP18	AD	D18-2
AD7541AKP						3; 0,5*	D				25							0,5	PLCC20	AD	L20-10
AD7541ASE						6; 1*	A				25	15+*	2,4	0,8	0			1	LCCC20	AD	LC20-4
AD7541ASQ						6; 1*	A				25							1	CDIP18	AD	D18-2
AD7541ATE						3; 0,5*	A				25							0,5	LCCC20	AD	LC20-4
AD7541ATQ						3; 0,5*	A				25							0,5	CDIP18	AD	D18-2
AD7542AQ	12	CMOS	1	<2	10	3; 1*	F	7*		450	25	5*	2,4	0,8	0			1	CDIP16	AD	D16-13
AD7542BQ		m uP		Ub,Ob	EXT	3; 0,5*	F			450	25							1	CDIP16	AD	D16-13
AD7542JN						3; 1*	F			670	25							1	DIP16	AD	D16-13
AD7542JP						3; 1*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-13
AD7542KN						3; 0,5*	F			670	25							1	DIP16	AD	D16-13
AD7542KP						3; 0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-13
AD7542GBQ						1; 0,5*	F			450	25							1	CDIP16	AD	D16-13
AD7542GKN						1; 0,5*	F			670	25							1	DIP16	AD	D16-13
AD7542GKP						1; 0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-13
AD7542SE						3; 1*	A	7*			25	5*	2,4	0,8	0			1	LCCC20	AD	LC20-13
AD7542SQ						3; 1*	A			450	25							1	CDIP16	AD	D16-13
AD7542TE						3; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-13
AD7542TQ						3; 0,5*	A			450	25							1	CDIP16	AD	D16-13
AD7542GTE						1; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-13
AD7542GTQ						1; 0,5*	A			450	25							1	CDIP16	AD	D16-13
AD7543AQ	12	CMOS	1	<2	10	12,3; 1*	F	0/7*		670	25	5*	3	0,8	0			2	CDIP16	AD	D16-14
AD7543BQ		S-IN				0,5*	F				25							1	CDIP16	AD	D16-14
AD7543JN						12,3; 1*	F				25							2	DIP16	AD	D16-14
AD7543JP						12,3; 1*	F				25							2	PLCC20	AD	L20-14
AD7543JR						12,3; 1*	F				25							2	SOIC16	AD	SO16-14
AD7543KN						0,5*	F				25							1	DIP16	AD	D16-14
AD7543KP						0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-14
AD7543KR						0.5*	F				25							1	SOIC16	AD	SO16-14
AD7543GBQ						1; 0,5*	F				25							1	CDIP16	AD	D16-14
AD7543GKN						1; 0,5*	F				25							1	DIP16	AD	D16-14
AD7543GKP						1; 0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-14
AD7543GKR						1; 0,5*	F				25							1	SOIC16	AD	SO16-14
AD7543SE						12,3; 1*	A	0/7*		670	25	5*	3	0,8	0			2	LCCC20	AD	LC20-14
AD7543SQ						12,3; 1*	A				25							2	CDIP16	AD	D16-14
AD7543TE						0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-14
AD7543TQ						0,5*	A				25							1	CDIP16	AD	D16-14
AD7543GTE						1; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	L20-14
AD7543GTQ						1; 0,5*	A				25							1	CDIP16	AD	D16-14
AD7545AQ	12	CMOS	1	<2	10	20; 2*	C	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0			4	CDIP20	AD	D20-5
AD7545BQ		m		Ub	EXT	10; 1*	C				25	15*	13,5	1,5	0			1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545CQ						5; 0,5*	C				25							1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545GCQ						1; 0,5*	C				25							1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545JN						20; 2*	D	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0			4	DIP20	AD	D20-5
AD7545JP						20; 2*	D				25	15*	13,5	1,5	0			4	PLCC20	AD	L20-15
AD7545KN						10; 1*	D				25							1	DIP20	AD	D20-5
AD7545KP						10; 1*	D				25							1	PLCC20	AD	L20-15
AD7545LN						5; 0,5*	D				25							1	DIP20	AD	D20-5
AD7545LP						5; 0,5*	D				25							1	PLCC20	AD	L20-15
AD7545GLN						1; 0,5*	D				25							1	DIP20	AD	D20-5
AD7545GLP						1; 0,5*	D				25							1	PLCC20	AD	L20-15
AD7545SE						20; 2*	A	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0			4	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545SQ						20; 2*	A				25	15*	13,5	1,5	0			4	CDIP20	AD	D20-5
AD7545TE						10; 1*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545TQ						10; 1*	A				25							1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545UE						5; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545UQ						5; 0,5*	A				25							1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545GUE						1; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545GUQ						1; 0,5*	A				25							1	CDIP	AD	D20-5
AD7545ABE	12	CMOS	1	<1	10	3; 0,5*	C	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0			1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545ABQ				<1	EXT	3; 0,5*	C				25	15*	13,5	1,3	0			1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545ACE				Ub		1; 0,5*	C				25							1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545ACQ						1; 0,5*	C				25							1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545AKN						3; 0,5*	D	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0			1	DIP20	AD	D20-5
AD7545AKP						3; 0,5*	D				25	15*	13,5	1,3	0			1	PLCC20	AD	L20-15
AD7545ALN						1; 0,5*	D				25							1	DIP20	AD	D20-5
AD7545ALP						1; 0,5*	D				25							1	PLCC20	AD	L20-15
AD7545ATE						3; 0,5*	A	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0			1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545ATQ						3; 0,5*	A				25	15*	13,5	1,3	0			1	CDIP20	AD	D20-5
AD7545AUE						1; 0,5*	A				25							1	LCCC20	AD	LC20-15
AD7545AUQ						1; 0,5*	A				25							1	CDIP20	AD	D20-5
AD7547AQ	12	LCC MOS	2	<1,5	10	6; 1*	F	0,3-/17*		450	F	12/15*	2,4	0,8	0			1	CDIP24	AD	D24-20
AD7547BQ		P-IN		Ub,B		3; 0,5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-20
AD7547CQ		m				1; 0,5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-20
AD7547JN						6; 1*	F				F							1	DIP24	AD	D24-20

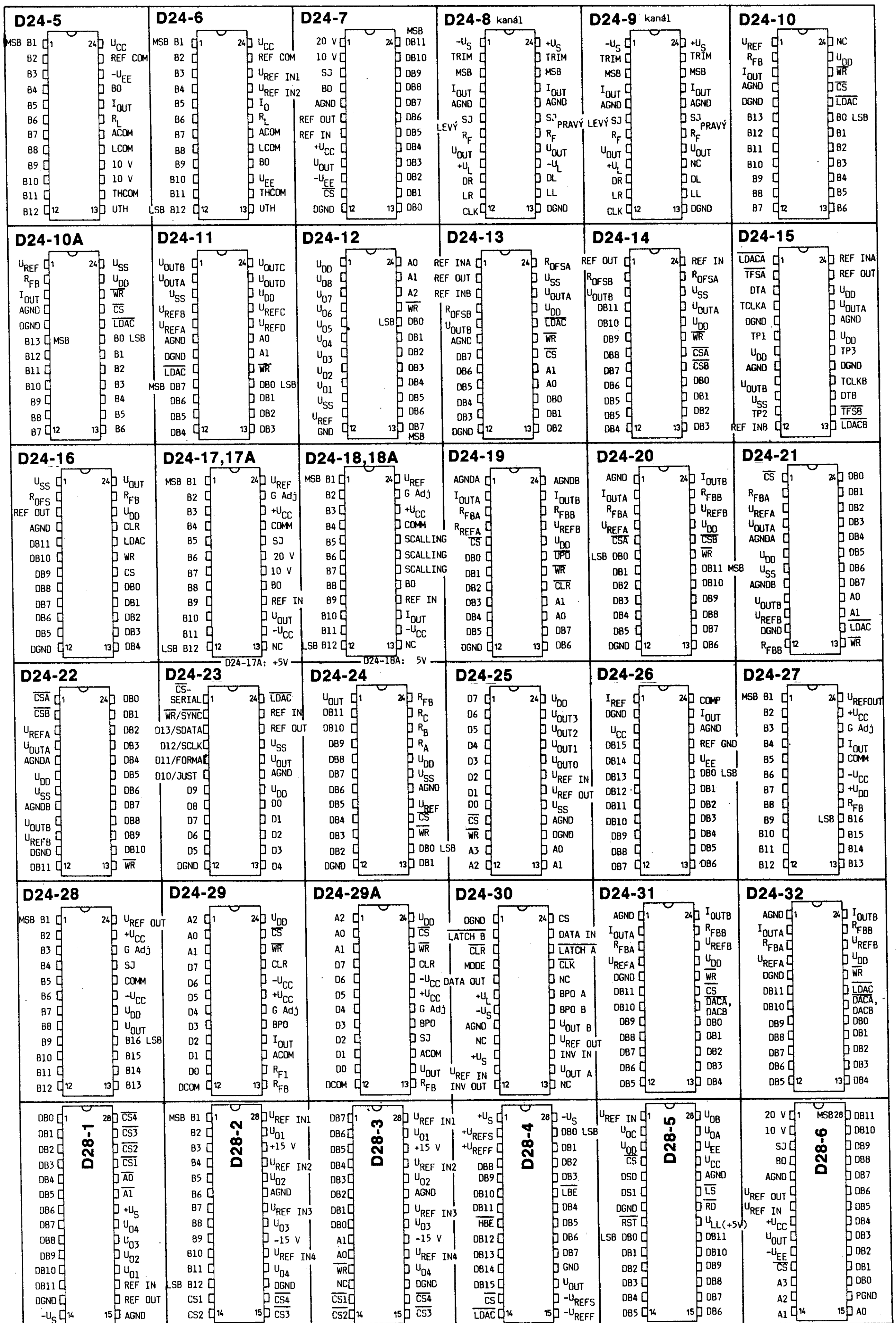
TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD7547JP						6; 1*	F				F							1	PLCC28	AD	L28-20
AD7547JR						6; 1*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-20
AD7547KN						3; 0,5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-20
AD7547KP						3; 0,5*	F				F							1	PLCC28	AD	L28-20
AD7547KR						3; 0,5*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-20
AD7547LN						1; 0,5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-20
AD7547LP						1; 0,5*	F				F							1	PLCC28	AD	L28-20
AD7547LR						1; 0,5*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-20
AD7547SE						6; 1*	A	0,3-/17*		450	A	12/15*	2,4	0,8	0			1	LCCC28	AD	LC28-20
AD7547SQ						6; 1*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-20
AD7547TE						3; 0,5*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-20
AD7547TQ						3; 0,5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-20
AD7547UE						2; 0,5*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-20
AD7545UQ						2; 0,5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-2O
AD7548AQ	8	LCC MOS	1	<1,5	10	1*	F	0/17*		450	F	5*	2,4	0,8	0		6*	1	CDIP20	AD	D20-6
AD7548BQ		uP		<1	10	0,5*	F				F	12/15*	2,4	0,8	0		3*	1	CDIP20	AD	D20-6
AD7548JN				Ub,B	EXT	1*	F				F						6*	1	DIP20	AD	D20-6
AD7548JP						1*	F				F						6*	1	PLCC20	AD	L20-16
AD7548JR						1*	F				F						6*	1	SOIC20	AD	SO20-6
AD7548KN						0,5*	F				F						3*	0,5	DIP20	AD	D20-6
AD7548KP						0,5*	F				F						3*	0,5	PLCC20	AD	L20-16
AD7548KR						0,5*	F				F						3*	0,5	SOIC20	AD	SO20-6
AD7548SE						0,5*	A	0/17*		450	A	5*	2,4	0,8	0		6*	1	LCCC20	AD	LC20-16
AD7548SQ						1*	A				A	12/15*	2,4	0,8	0		6*	1	CDIP20	AD	D20-6
AD7548TE						0,5*	A				A						3*	0,5	LCCC20	AD	LC20-16
AD7548TQ						1*	A				A						3*	0,5	CDIP20	AD	D20-6
AD7549AQ	12	LCC MOS	2	<1,5	10	1*	F	0/15*		450	F	15*	2,4	0,8	0		6*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7549BQ		m uP		Ub,Bob	EXT	0,5*	F				F						3*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7549JN						1*	F				F						6*	1	DIP20	AD	D20-7
AD7549JP						1*	F				F						6*	1	PLCC20	AD	L20-17
AD7549KN						0,5*	F				F						3*	1	D20-7	AD	D20-7
AD7549KP						0,5*	F				F						3*	1	PLCC20	AD	L20-17
AD7549SE						1*	A	0/15*		450	A	15*	2,4	0,8	0		6*	1	LCCC20	AD	LC20-17
AD7549SQ						1*	A				A						6*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7549TE						0,5*	A				A						3*	1	LCCC20	AD	LC20-17
AD7549TQ						0,5*	A				A						3*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7564B	12	LCC MOS	4	<0,5	5	4; 0,5*	F	0,3-/6*		250	F	5*	2,4	0,8	0			0,9	SOIC28	AD	-
		m		Ub,Bob	EXT																
AD7568BS	12	LCC MOS	8	<0,5	10	4; 0,5*	F	0,3-/6*		250	F	5*	2,4	0,8	0			0,9	PQPF	AD	PQ44-1
		m		Ub, Bob	EXT																
AD7628BQ	8	CMOS	2	<0,35	10	2; 0,5*	F	0/17*		450	25	10,8/15,75*	2,4	0,8	0			1	CDIP20	AD	D20-3
AD7628KN		m uP		Ub,Bob	EXT	2; 0,5*	F				25							1	DIP20	AD	D20-3
AD7628KP						2; 0,5*	F				25							1	PLCC20	AD	L20-7
AD7628KR						2; 0,5*	F				25							1	SOIC20	AD	SO20-3
AD7628TE						2; 0,5*	A	0/17*		450	25	10,8/15,75*	2,4	0,8	0			1	LCCC20	AD	LC20-7
AD7628TQ						2; 0,5*	A				25							1	CDIP20	AD	D20-3
AD7837AN	12	CMOS	2	<4	10	5; 1*	F	0,3-/17*		1000	F	15*, 15-**	2,4	0,8	Uo na R_{FB}			1	DIP24	AD	D24-21
AD7837AQ		m		Ub,Bob	EXR	5; 1*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-21
AD7837AR						5; 1*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-21
AD7837BN						2; 0,5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-21
AD7837BQ						2; 0,5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-21
AD7837BR						2; 0,5*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-21
AD7837SQ						5; 1*	A	0,3-/17*		1000	A	15*, 15-**	2,4	0,8	Uo na R_{FB}			1	CDIP24	AD	D24-21
AD7840AQ	14	LCC MOS	1	<4	2,99/		C	0,3-/7*	0,3+/7	450	C	5*, 5-**	2,4	0,8	3b	Ub	2;10b*	0,9;10b*	CDIP24	AD	D24-23
AD7840BQ		DSP			3,01		C				C						1;10b*	0,9;10b*	CDIP24	AD	D24-23
AD7840JN					0UT		D	0,3-/7*	0,3+/7	450	D	5*, 5-**	2,4	0,8	3b	Ub	2;10b*	0,9;10b*	DIP24	AD	D24-23
AD7840JP					2,85/		D				D						2;10b*	0,9;10b*	PLCC28	AD	L28-23
AD7840KN					3,15		D				D						1;10b*	0,9;10b*	DIP24	AD	D24-23
AD7840KP					IN		D				D						1;10b*	0,9;10b*	PLCC28	AD	L28-23
AD7840SQ							A				A	5*, 5-**	2,4	0,8	3b	Ub	2;10b*	0,9;10b*	CDIP24	AD	D24-23
AD7845AQ	12	LCC MOS	1	<5	10	1*	C	0,3-/17*	0,3+/17	650	C	15*, 15-**	2,4	0,8	Uo na R_{FB}			1	CDIP24	AD	D24-24
AD7845BQ		m		<7*	EXT	0,5*	C				C							1	CDIP24	AD	D24-24
AD7845JN				Ub,Bob		1*	D	0,3-/17*	0,3+/17	650	D	15*, 15-**	2,4	0,8	Uo na R_{FB}			1	DIP24	AD	D24-24
AD7845JP						1*	D				D							1	PLCC28	AD	L28-24
AD7845JR						1*	D				D							1	SOIC24	AD	SO24-24
AD7845KN						0,5*	D				D							1	DIP24	AD	D24-24
AD7845KP						0,5*	D				D							1	PLCC28	AD	L28-24
AD7845KR						0,5*	D				D							1	SOIC24	AD	SO24-24
AD7845SE/883						1*	A	0,3-/17*	0,3+/17	650	A	15*, 15-**	2,4	0,8	Uo na R_{FB}	Ub		1	LCCC28	AD	LC28-24
AD7845SQ/883						1*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-24
AD7845TQ/883						0,5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-24
AD7846AD	16	LCC MOS	1	<7	5	16; 16*	C	0,3-/17*	0,3+/17	1000	C	14,25/15,75*	2,4	0,8	U_S+4/	Ub		1	CDIP28	AD	D28-11
AD7846BD		uP		U, OB	EXT	16; 8*	C				C	14,25/15,75**			U_{DD}-3			0,5	CDIP28	AD	D28-11
AD7846JN						16; 16*	D	0,3-/17*	0,3+/17	1000	D	U_{CC}=5						1	DIP28	AD	D28-11
AD7846JP						16; 16*	D				D							1	PLCC28	AD	L28-11
AD7846KN						16; 8*	D				D							0,5	DIP28	AD	D28-11
AD7846KP						16; 8*	D				D							0,5	PLCC28	AD	L28-11
AD7846SD/883						24; 16*	A	0,3-/17*	0,3+/17	1000	A							1	CDIP28	AD	D28-11
AD7846SE/883						24; 16*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-11

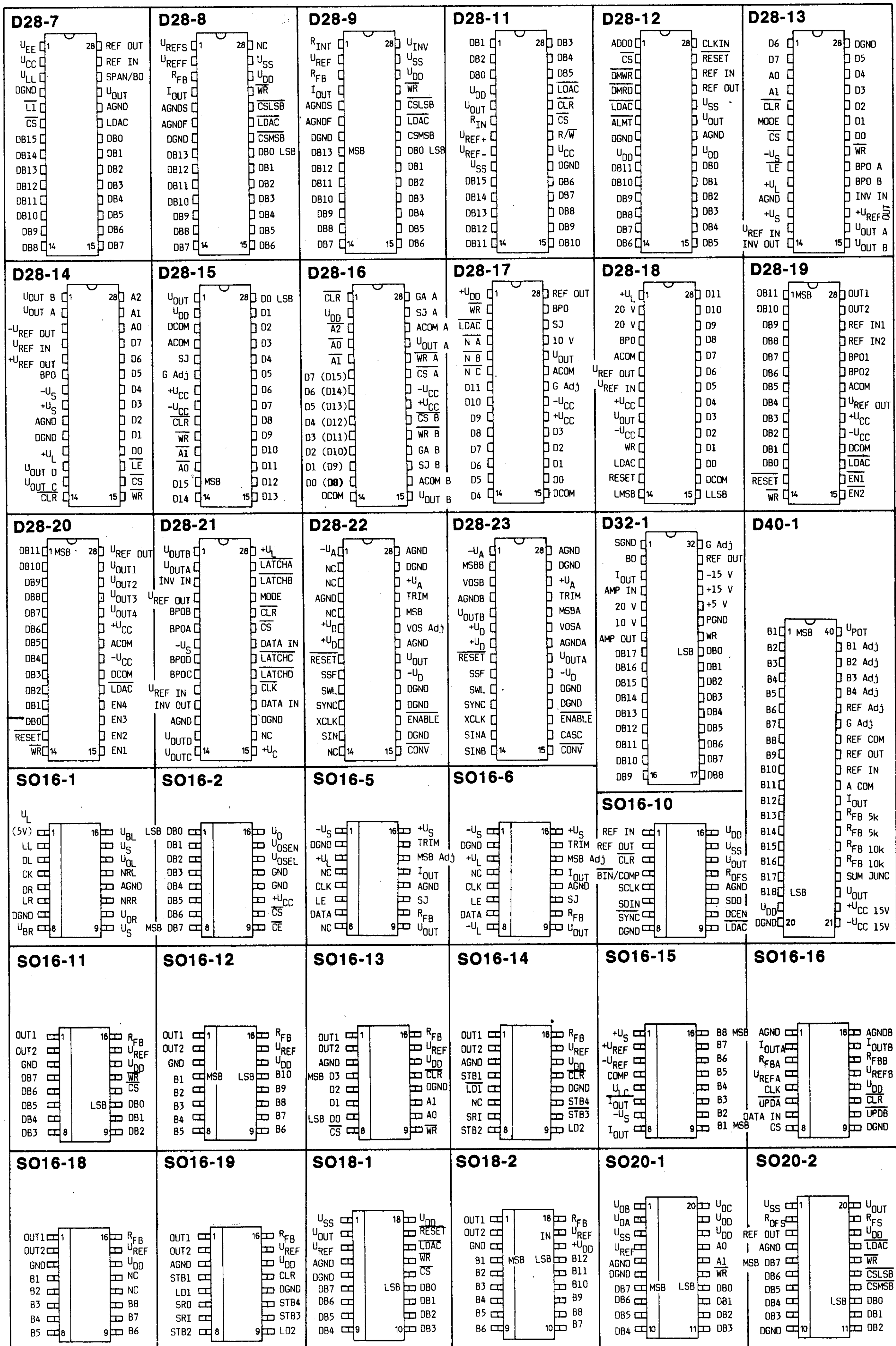
TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD7847AN	12	CMOS	2	<4	10	5; 1*	F	0,3-/17*		1000	F	15*, 15-**	2,4	0,8	0			1	DIP24	AD	D24-22
AD7847AQ		m		Ub,Bob	EXT	5; 1*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-22
AD7847AR						5; 1*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-22
AD7847BN						2; 0,5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-22
AD7847BQ						2; 0,5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-22
AD7847BR						2; 0,5*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-22
AD7847SQ						5; 1*	A	0,3-/17*		1000	F	15*, 15-**	2,4	0,8	0			1	CDIP24	AD	D24-22
AD7848AQ	12	LCC MOS	1		3	1*	C	0,3-/7*	0,3+/7	1000	C	5*, 5-**	2,4	0,8	3	Ub		0,5; 4b*	CDIP28	AD	D28-12
AD7848BQ		DSP				0,5*	C				C							0,5; 4b*	DIP28	AD	D28-12
AD7848JN						1*	D	0,3-/7*	0,3+/7	1000	D	5*, 5-**	2,4	0,8	3	Ub		0,5; 4b*	DIP28	AD	D28-12
AD7848JP						1*	D				D							0,5; 4b*	PLCC28	AD	L28-12
AD7848KN						0,5*	D				D							0,5; 4b*	DIP28	AD	D28-12
AD7848KP						0,5*	D				D							0,5; 4b*	PLCC28	AD	L28-12
AD75004KN	12	BiC	4	<4	5	10*	D	0,3-/18*	0,3+/18	1000	D	12	2	0,8	5	Ub	0,5	0,75; 2*	DIP24	AD	D24-25
AD75004KP				>5*;B	INT		D				D				5*	Ib		0,75;2*	PLCC28	AD	L28-25
AD75069AJ	12	BiC	8	<8	5	10*	F	0,7+	0/18	1000	25	5+,12*;12**	2	0,8	2,5-/	U	0,5		LCCC44	AD	LC44-2
AD75069JP		PORT		>2*;Bof	INT		D	0/18*			25				7,5+				PLCC44	AD	L44-2
AD75089AJ	12	BiC	8	<8	5	10*	F	0/7+	0/18	1000	25	5+;12*;12**	2	0,8	5	Ub	0,5	0,5	LCCC44	AD	LC44-2
AD75089JP		PORT		>2*;Bof	INT		D	0/18*			25								PLCC44	AD	L44-2
AD75090AJ	12	BiC	8	<8	5	10*	F	0/7+	0/18	1000	25	5+;12*;12**	2	0,8	10	Ub	0,5	0,5	LCCC44	AD	LC44-2
AD75090JP		PORT		>2*;Bof	INT		D	0/18*			25								PLCC44	AD	L44-2
AD DAC80-CBI-V	12	Hy	1	<4 B	6,3 INT	0,3	D	O/18		10+; 20-	25	5+;15	2	0,8	2,5;5;10 5,1	Ub Uu	0,5	0,75	DH24	AD	D24-17
AD DAC80-CBI-I	12	Hy	1	<4 B	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+; 20-	25				5*	Ib	0,5	0,75	DH24	AD	D24-18
AD DAC80-CCD-V	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25	5+;15	2	0,8	10 5*	Ub Ib	0,25	0,5	DH24	AD	D24-17A
AD DAC80-CCD-I	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25						0,25	0,5	DH24	AD	D24-18A
AD DAC80D-CBI-V	12	B	1	<4 B	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25	5+;15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	O,5	O,75	CDIP24	AD	D24-17
AD DAC80N-CBI-V	12	B	1	<4 B	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25				5*	Ib	0,5	0,75	DIP24	AD	D24-17
AD DAC80Z-CBI-V	12	Hy	1	<4 B	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25	5+;15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	DH24	AD	D24-17
AD DAC80Z-CBI-I	12	Hy	1	<4 B	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25				5*	Ib	0,5	0,75	DH24	AD	D24-18
AD DAC80Z-CCD-V	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25	5+;15	2	0,8	10 5*	Ub Ib	0,25	0,5	DH24	AD	D24-17A
AD DAC80Z-CCD-I	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3 INT	0,3	D	0/18		10+;20-	25						0,25	0,5	DH24	AD	D24-18A
AD DAC85-CBI-V	12	Hy	1	<5;>10* B	6,3 INT	0,2	D	0/18	0/18	10+;20-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17
AD DAC85-CBI-I	12	Hy	1	<5;>10* B	6,3 INT	0,2	D	0/18	0/18	10+;20-	25				5*	Ib	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18
AD DAC85C-CBI-V	12	Hy	1	<5;>10* B	6,3 INT	0,1	D	0/18	0/18	20+;30-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17
AD DAC85C-CBI-I	12	Hy	1	<5;>10* B	6,3 INT	0,1	D	0/18	0/18	20+;30-	25						0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18
AD DAC85D-CBI-V	12	B	1	<4 B	6,3 INT	0,2	C	0/18	0/18	20+;30-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-17
ADDAC85LD-CBI-V	12	Hy	1	<5;>20* B	6,3 INT	0,1	C	0/18	0/18	20+;30-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17
ADDAC85LD-CBI-I	12	Hy	1	<5;>20* B	6,3 INT	0,1	C	0/18	0/18	20+;30-	25						0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18
ADDAC85MIL-CBI-V	 12	Hy	1	<5;>20* B	6,3 INT	0,1	A	0/18	0/18	20+;30-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17
ADDAC85MIL-CBI-I	 12	Hy	1	<5;>20* B	6,3 INT	0,1	A	0/18	0/18	20+;30-	25						0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18
AD DAC85-CCD-V	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3 INT	0,1	D	0/18	0/18	20+;30-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5*	Ub Ib	0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-17A
AD DAC85-CCD-I	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3 INT	0,1	D	0/18	0/18	20+;30-	25						0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-18A
AD DAC85C-CCD-V	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3 INT	0,1	C	0/18	0/18	20+;30-	25	15	2	0,8	10 5*	Uu Ib	0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-17A
AD DAC85C-CCD-I	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3 INT	0,1	C	0/18	0/18	20+;30-	25						0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-18A
AD DAC87-CBI-V	12	Hy	1	<4 B	6,3 INT	0,2	A	0/18	0/18	20+;35-	25	15	2	0,8	2,5;5;10 5;10	Ub Uu	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17

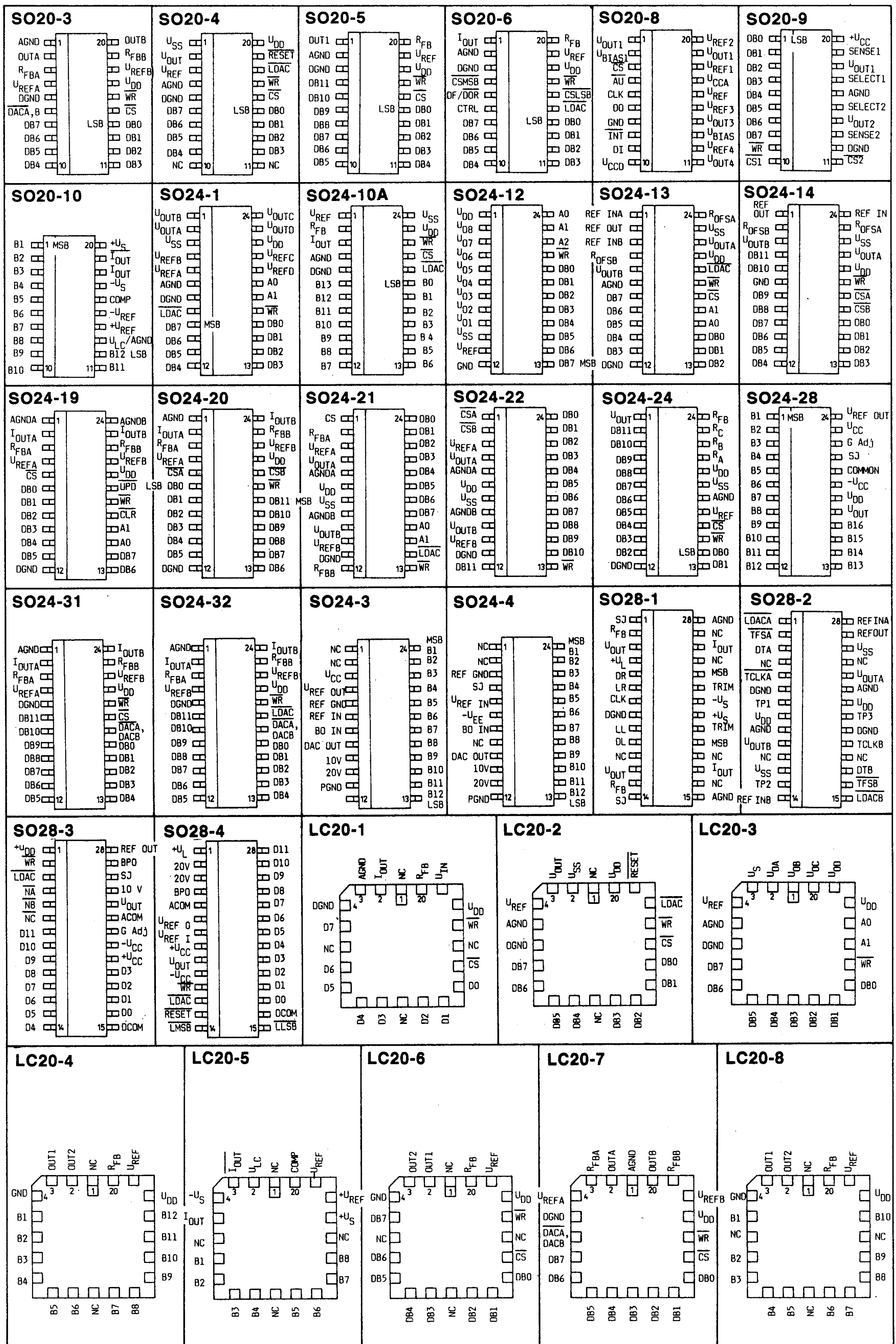
TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [µs] SR* [V/µs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+}* max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD-}* U_{SS-}** [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o* [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
AD DAC87-CBI-I	12	Hy	1	<4	6,3	0,2	A	0/18	0/18	20+;35-	25				5*	Ib	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18
				B	INT																
AD DAC87D-CBI-V	12	B	1	<4;>20*	6,3	0,2	A	0/18	0/18	20+;35-	25	15	2	0,8	2,5;5;10	Ub	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-17
				B	INT										5;10	Uu					
															5*	Ib					
C560C	8	B	1		INT		D	0/18		630	25	5/15+	2	0,8	9/9,96	Uu	0,5	1	DIP16	HFO	D16-2
															2,25/2,5	Uu					
C565C	12	B	1		10		D	0/18	0/18		25	15	2	0,8	1,6/2,4*	Iu	0,75	1	CDIP24	HFO	D24-3
C565D					INT												29*		DIP24	HFO	D24-3
C5650C	10	B	1		10		D	0/18	0/18		25	15	2	0,8	1,6/2,4*	Iu	0,5	0,75	CDIP24	HFO	D24-3A
C5650D					INT														DIP24	HFO	D24-3A
C5658D	8	B	1	0,5	10 INT		D	0/18	0/18		25	15	2	0,8	1,6/3*	Iu	0,5	0,75	DIP24	HFO	D24-3B
DAC0854BIJ	8	B;S-IN	4	<2,7	2,67		F	0/7+		105	F	5+	2	0,8	0,3/2,8	Uu	0,5	1	CDIP20	NS	D20-8
DAC0854BIN					INT		F				F						0,5	1	DIP20	NS	D20-8
DAC0854BIWM							F				F						0,5	1	SOIC20	NS	SO20-8
DAC0854CIJ							F				F						1	1	CDIP20	NS	D20-8
DAC0854CIN							F				F						1	1	DIP20	NS	D20-8
DAC0854CIWM							F				F						1	1	SOIC20	NS	SO20-8
DAC0854CMJ							A				A						1	1	CDIP20	NS	D20-8
DAC0890CIJ	8	B	2	2	INT		F	0/20+		1000	F	5+	2	0,8	0/2,55	Uu	0,5	2*	CDIP20	NS	D20-9
DAC0890CIN							F				F	15+			0/10,2*	Uu	0,5	2*	DIP20	NS	D20-9
DAC0890CIWM							F				F						0,5	2*	SOIC20	NS	SO20-9
DAC0890CMJ							A				A						0,5	2*	CDIP20	NS	D20-9
DAC08BC	8	Bm	1	<85ns	I=2mA	0,5*	D	0/16		3,8+;5,8-	D	15	2	0,8	1,99	Iu	0,5	0,5	DIP16	DAT	D16-15
DAC08BM				8*			A					15; 15,5-*			0/2,1	Iu	0,5	0,5	CDIP16	DAT	D16-15
												15; 15,7-*			0/4,2	Iu					
DAC08Q	8	BMvr	1	<0,15	10		A	18	18b*	3,8+;7,8-	A	15	2	0,8	>2,1*	Iu	0,19%		CDIP16	PMI	D16-15
DAC08AQ				<0,135	I=2mA		A				A						0,10%		CDIP16	PMI	D16-15
DAC08CP				<0,15			D	18	18b*	3,8+;7,8-	D	15	2	0,8	>2,1	Iu	0,39%		DIP16	PMI	D16-15
DAC08CQ				<0,15			D				D						0,39%		CDIP16	PMI	D16-15
DAC08CS				<0,15			D				D						0,39%		SOIC16	PMI	SO16-1
DAC08EP				<0,15			D				D						0,19%		DIP16	PMI	D16-15
DAC08EQ				<0,15			D				D						0,19%		CDIP16	PMI	D16-15
DAC08HP				<0,135			D				D						0,10%		DIP16	PMI	D16-15
DAC08HQ				<0,135			D				D						0,10%		CDIP16	PMI	D16-15
DAC08RC/883				<0,135			A	18.	18b*	3,8+;7,8-	A	15	2	0,8	>2,1	Iu	0,19%		LCCC20	PMI	LC20-5
DAC10FS	10	BMvr	1	<0,135	I=2mA		D	18	18b*	4+;15-	D	15	2	0,8	10	Uu	0,5	0,3<1	CDIP18	AD	D18-3
DAC10GS				<0,15			D				D				3,996*	Iu	1	0,7	CDIP18	AD	D18-3
DAC10GX				<0,15			D				D						1	0,7	CDIP18	AD	D18-3
DAC16E	16	BMvr	1	0,5	I=0,5mA	0,3	F	0/8	0/18	20+;10-	F	5+;15-**	2	0,8	4*	Iu	2	1;2*	DIP24	AD	D24-26
DAC16F							F				F						4	1,5;2*	DIP24	AD	D24-26
DAC80-CBI-I	12	B	1	3<4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8	1*	Ib	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-18
				>10*						18+;20-					2*	Iu					
DAC80-CBI-V	12	B	1	3<4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8	10	Ub	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-17
DAC80P-CBI-V	12	B	1	3<4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8	10	Ub	0,5	0,75	DIP24	BB	D24-17
DAC80Z-CBI-I	12	B	1	3<4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8	1*	Ib	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-18
				>10*						18+;20-					2*	Iu					
DAC80Z-CBI-V	12	8	1	3<4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8	10	Ub	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-17
				>10*						18+;20-											
DAC100ACQ5/883	10	B	1	<0,375			A	0/18	0/18	8,3+;8,3-	A	15	2,1	0,7	10	Uu	0,05%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100ACQ6/883							A				A	15	2,1	0,7	5	Uu	0,05%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100ACQ7							C	0/18	0/18	8,3+;8,3-	C	15	2,1	0,7	10	Uu	0,05%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100ACQ8							C				C	15	2,1	0,7	5	Uu	0,05%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100ACQ3							D	0/18	0/18	10+;10-	D	15	2,1	0,7	10	Uu	0,05%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100ACQ4							D				D	15	2,1	0,7	5	Uu	0,05%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100BBQ7	10	B	1	<0,375			C	0/18	0/18	8,3+;8,3-	C	15	2,1	0,7	10	Uu	0,10%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100BBQ8							C				C	15	2,1	0,7	5	Uu	0,10%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100BCQ3							D	0/18	0/18	10+;10-	D	15	2,1	0,7	10	Uu	0,10%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100BCQ4							D				D	15	2,1	0,7	5	Uu	0,10%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100BCQ5/883							A	0/18	0/18	8,3+;8,3-	A	15	2,1	0,7	10	Uu	0,10%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100CCQ3	10	B	1	<0,375			D	0/18	0/18	10+;10-	D	15	2,1	0,7	10	Uu	0,20%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100CCQ4							D				D	15	2,1	0,7	5	Uu	0,20%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100CCQ5/883							A	0/18	0/18	8,3+;8,3-	A	15	2,1	0,7	10	Uu	0,20%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100CCQ6/883							A				A	15	2,1	0,7	5	Uu	0,20%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100CCQ7							C	0/18	0/18	8,3+;8,3-	C	15	2,1	0,7	10	Uu	0,20%		CDIP18	AD	D18-16
DAC100DDQ3	10	B	1	<0,375			D	0/18	0/18	10+;10-	D	15	2,1	0,7	10	Uu	0,30%		CDIP18	AD	D18-16
DAC312ER	12	BMr	1	<0,5	I=1mA		D	0/18	0/18	7+;18-	D	15	2	0,8	3,999*	Iu	0,05%	0,5	CDIP20	PMI	D20-10
DAC312FR				>8*			F				F						0,05%	1	CDIP20	PMI	D20-10
DAC312HP							F				F						0,05%	1	DIP20	PMI	D20-10

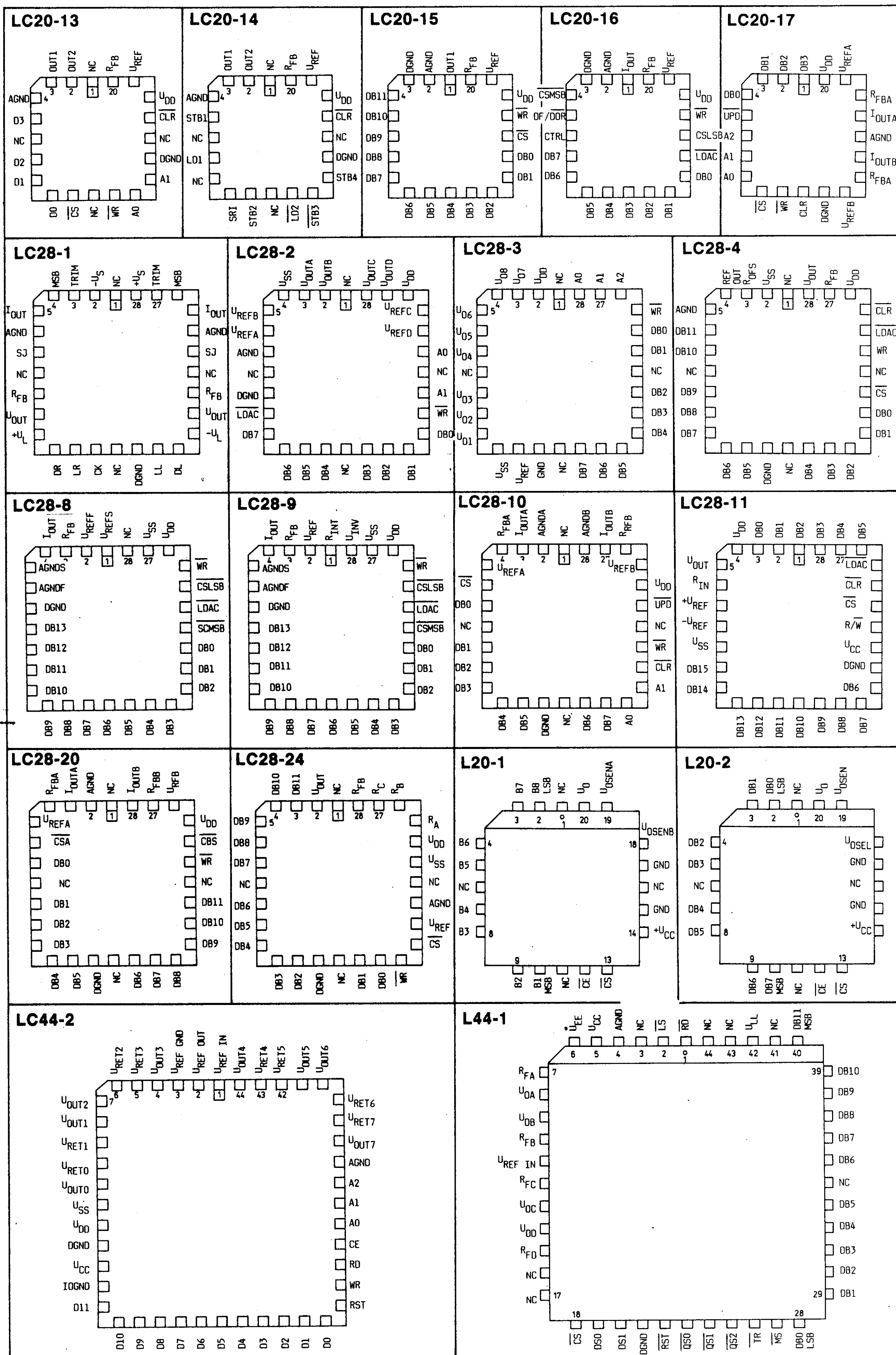
TYP	R [b]	Druh	Počet D/A	t_s [μs] SR* [V/μs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [max LSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+*} max [V]	U_{EE-} U_{L-} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+*} U_{SS-**} [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_{o*} [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [§%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
DAC312HR							F				F						0,05%	1	CDIP20	PMI	D20-10
DAC312HS							F				F						0,05%	1	SOIC20	PMI	SO20-10
DAC600AN	12	B	1	4	1	1,5	F		0,3+/7	A=46mA	25	5,2-	1,1-	2-	20*	Iu	0,10%	0,1%FS	QFP68	BB	QF68-1
DAC600BN		250MHz				1	F			B=150mA	25						0,10%%	0,1%FS	QFP68	BB	QF68-1
DAC650JL	12	B,ECL	1	2ns	10	1	D	18		13+;50-	D	15	0,6-	2-	20*	Ib	0,04%	0,04%	QFC68	BB	
DAC650KL		500MHz					D				D				1	Ub	0,02%	0,02%	QFC68	BB	
DAC667AH	12	B	1	<4	10	0,2	C	0/18	0/18	1000	25	12	2	0,8	2,5;5;10	Ub	0,5	0,75	CDIP28	BB	D28-6
DAC667BH		uP		>8*			C			17+;12-	25				5;10	Uu	0,25	0,5	CDIP28	BB	D28-6
DAC667JP							D				25				5*	Ib	0,5	0,75	DIP28	BB	D28-6
DAC667KP							D				25						0,25	0,5	DIP28	BB	D28-6
DAC700BH	16	Bm	1	<8	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000	25	15;5**	2,4	0,8	0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-27
DAC700CH				>10*		0,1	C			25+;25-	25								CDIP24	BB	D24-27
DAC700KH				CSB		0,15	D				25								CDIP24	BB	D24-27
DAC700LH						0,1	D				25								CDIP24	BB	D24-27
DAC701BH	16	Bm	1	<8	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000	25	15; 5**	2,4	0,8	0/10	Uu			CDIP24	BB	D24-28
DAC701CH				>10*		0,1	C			30+;30-	25								CDIP24	BB	D24-28
DAC701KH				CSB		0,15	D				25								CDIP24	BB	D24-28
DAC701LH						0,1	D				25								CDIP24	BB	D24-28
DAC702BH	16	Bm	1	<8;>10*	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000	25	15; 5**	2,4	0,8	0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-27
DAC702CH				CTC		0,1	C			25+;25-	25	15; 5**			0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-27
DAC702JP				4; >10*		0,3	D	0/18	0/10	1000	25	15; 5**			1*	Ib			DIP24	BB	D24-27
DAC702KH				<8;>10*		0,15	D			25+;25-	25	15; 5**			0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-27
DAC702KP				<8;>10*		0,15	D				25	15; 5**			0/2*	Iu			DIP24	BB	D24-27
DAC702LH				<8;>10*		0,1	D				25	15; 5**			0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-27
DAC702SH				<8;>10*		0,1	A	0/18	0/18	1000	25	15; 5**			0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-27
DAC703BH	16	Bm	1	<8;>10*	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000	25	15; 5**	2,4	0,8	0/10	Uu			CDIP24	BB	D24-28
DAC703CH				COB		0,1	C			30+;30-	25				5*	Ib			CDIP24	BB	D24-28
DAC703JP				CTC		0,3	D				25								DIP24	BB	D24-28
DAC703JU						0,3	D				25								SOIC24	BB	D24-28
DAC703KH						0,15	D				25								CDIP24	BB	D24-28
DAC703KP						0,15	D				25								DIP24	BB	D24-28
DAC703KU						0,15	D				25								SOIC24	BB	SO24-28
DAC703LH						0,1	D				25								CDIP24	BB	D24-28
DAC703SH						0,1	A				25								CDIP24	BB	D24-28
DAC707BH	16	Bm	1	<8;>10*		0,1	C	0/18	0/18	1000	25	15; 5**	2	0,8	10	Ub			CDIP28	BB	D28-15
DAC707BH-BI		uP		BTC		0,1	C	0/15+		30+;30-	25				5*	Ib			CDIP28	BB	D28-15
DAC707JP				4;10*		0,3	D				25								DIP28	BB	D28-15
DAC707JP-BI						0,3	D				25								DIP28	BB	D28-15
DAC707KH				<8;10*		0,15	D				25								CDIP28	BB	D28-15
DAC707KH-BI						0,15	D				25								CDIP28	BB	D28-15
DAC707KP				<8;10*		0,15	D				25								DIP28	BB	D28-15
DAC707KP-BI						0,15	D				25								DIP28	BB	D28-15
DAC707SH				<8;10*		0,1	A				25								CDIP28	BB	D28-15
DAC707SH-BI						0,1	A				25								CDIP28	BB	D28-15
DAC708BH	16	Bm	1	<8;10*		0,1	C	0/18+	0/18	1000	25	15; 5**	2	0,8	0/2*	Iu			CDIP24	BB	D24-29
DAC708BH-BI		uP		USB		0,1	C	0/15*		25+;25-	25				1*	Ib			CDIP24	BB	D24-29
DAC708KH				BTC		0,15	D				25								CDIP24	BB	D24-29
DAC708SH						0,1	A				25								CDIP24	BB	D24-29
DAC7O8SH-BI						0,1	A				25								CDIP24	BB	D24-29
DAC709BH	16	Bm	1	<8;10*		0,1	C	0/18+	0/18	1000	25	15; 5**	2	0,8	0/10	Uu			CDIP24	BB	D24-29A
DAC709BH-BI		uP		USB		0,1	C	0/15*		25+;25-	25				5;10	Ub			CDIP24	BB	D24-29A
DAC709KH						0,15	D				25				5*	Ib			CDIP24	BB	D24-29A
DAC709KH-BI						0,15	D				25								CDIP24	BB	D24-29A
DAC709SH						0,1	A				25								CDIP24	BB	D24-29A
DAC709SH-BI						0,1	A				25								CDIP24	BB	D24-29A
DAC725JP	16	Bm	2	4;10*	INT	0,2	D	0/18+	0/18	2000	25	15; 5**	2	0,8	10	Ub			DIP28	BB	D28-16
DAC725KP				<8;10*		0,1	D	0/15*							5*	Ib			DIP28	BB	D28-16
DAC729JH	18	Bm		5<8;20*	10	0,1	D	0/18+	0/18	3000	25	15; 5**	2,4	0,8	2,5;5;10	Ub			CDIP40	BB	D40-1
DAC729KH				COB	INT	0,1	D	0/7*			25				0/10;0/5	Uu			CDIP40	BB	D40-1
DAC729KH-BI				CSB		0,1	D				25				1*; 0/2*	Ib,u			CDI/40	BB	D40-1
DAC811AH	12	Bm	1	3<4	6,3	0,2	C	0/18+	0/18	1000	25	12/15; 5**	2	0,8	5;10	Ub	0,5	0,75	CDIP28	BB	D28-17
DAC811BH		uP		12>8*		0,2	C	0/7*		25+; 35-	25				0/10	Uu	0,25	0,5	CDIP28	BB	D28-17
DAC811JP						0,2	D				25				5*	Ib	0,5	0,75	DIP28	BB	D28-17
DAC811JU						0,2	D				25						0,5	0,75	SOIC28	BB	SO28-3
DAC811KP						0,2	D				25						0,25	0,5	DIP28	BB	D28-17
DAC811KU						0,2	D				25						0,25	0,5	SOIC28	BB	SO28-3
DAC811RH						0,2	A				25						0,5	0,75	CDIP28	BB	D28-17
DAC811SH						0,2	A				25						0,25	0,5	CDIP28	BB	D28-17
DAC813AH	12	Bm	1	4,5<6	10	0,2	F	0/18+	0/18	750	25	12/15;	2	0,8	0/10	Uu	0,5	0,75	CDIP28	BB	D28-18
DAC813AP				10*	INT	0,2	F			15+;7-	25				5;10	Ub	0,5	0,75	DIP28	BB	D28-18
DAC813AU				USB		0,2	F				25				5*	Ib	0,5	0,75	SOIC28	BB	SO28-4
DAC813BH				BOB		0,2	F				25						0,25	0,5	CDIP28	BB	D28-18
DAC813JP						0,2	D				25						0,5	0,75	DIP28	BB	D28-18
DAC813JU						0,2	D				25						0,5	0,75	SOIC28	BB	SO28-4

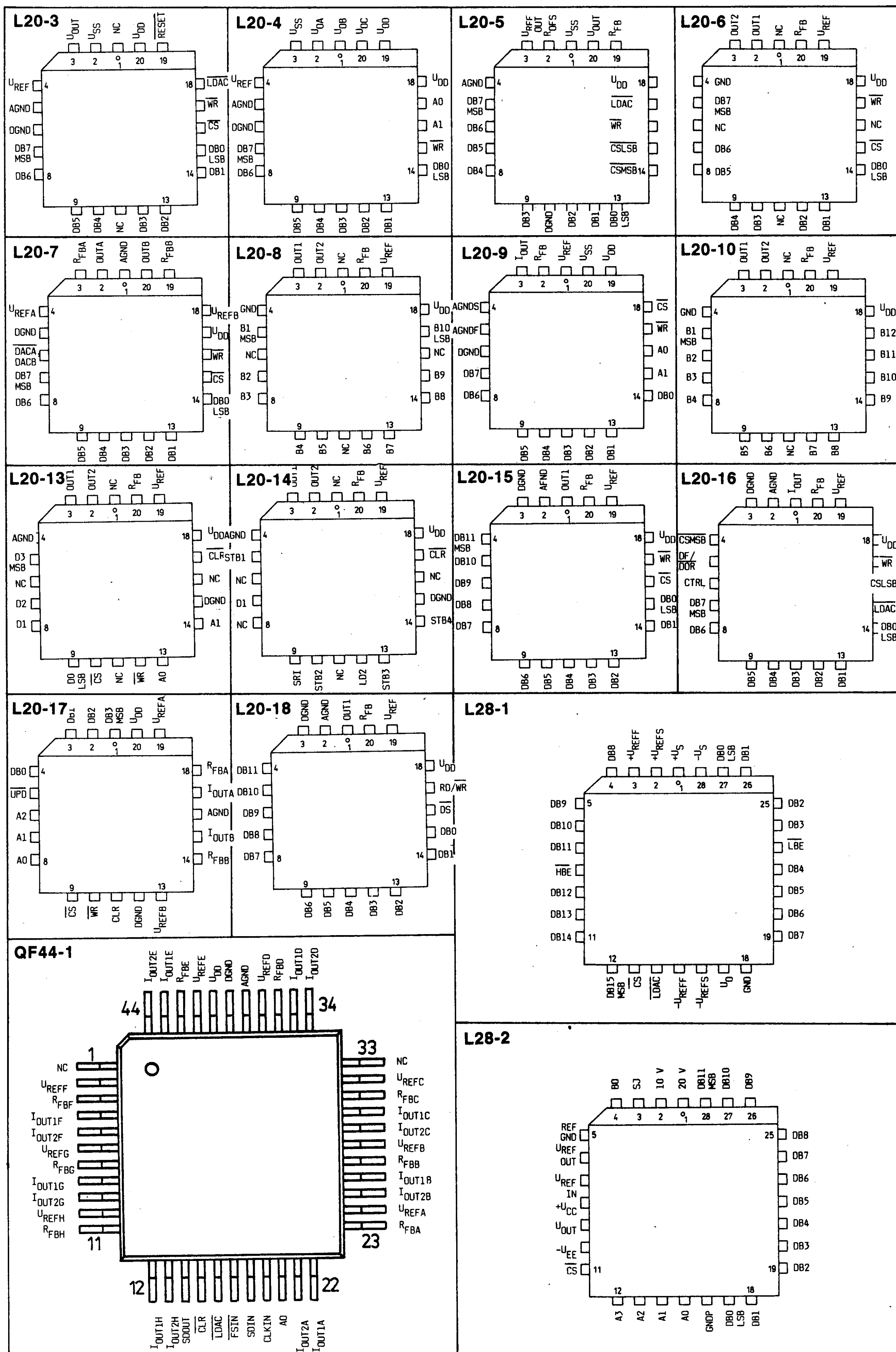

D8-1
UDD 1 8 USS
SCLK UO
SDIN GND
SYNC 4 5 LDAC
D8-2
UREF 1 8 UDD
RFB CLK
IOUT SRI
GND 4 5 LD
D14-1
DGND 1 14 IOUT
MSB D5 RFB
D4 UIN
D3 UDD
D2 NC
D1 NC
LSB D0 7 8 DGND
D16-1
LSB B8 1 16 UO
B7 UOSENA
B6 UOSEBB
B5 GND
B4 GND
B3 +UCC
B2 CS
MSB B1 8 9 CE
D16-2
LSB DB0 1 16 UO
DB1 UOSEN
DB2 UOSEL
DB3 GND
DB4 GND
DB5 +UCC
DB6 CS
MSB DB7 8 9 CE
D16-3
GND 1 16 10 V
BIP OFF UO
UEE (-15V) UCC
LSB B10 B1 MSB
B9 B2
B8 B3
B7 B4
B6 8 9 B5
D16-4
-US 1 16 +US
DGND TRIM
UL MSB Adj
NC IOUT
CLK AGND
LE SJ
DATA RFB
-UL 8 9 UOUT
D16-5
-US 1 16 +US
DGND TRIM
+UL MSB Adj
NC IOUT
CLK AGND
LE SJ
DATA RFB
NC 8 9 UOUT
D16-6
-US 1 16 +US
DGND TRIM
+UL MSB Adj
NC IOUT
CLK AGND
LE SJ
DATA RFB
-UL 8 9 UOUT
D16-7
-US 1 16 +US
-US NR2
TRIM Adj
+UL NR1
CLK AGND
LE IOUT
DATA RFB
-UL 8 9 DGND
D16-8
UL (5V) 1 16 UB L
LL +US (5V)
DL UO L
CK NRL
DR AGND
LR NRR
DGND UO R
UB R 8 9 +US (5V)
D16-9
IOUT 1 16 RFB
AGND UIN
DGND UDD
MSB D7 WR
D6 CS
D5 D0
D4 D1
D3 8 9 D2
D16-10
REF IN 1 16 UDD
REF OUT USS
CLR UOUT
BIN/COMP ROFS
SCLK AGND
SDIN SDO
SYNC DCEN
DGND 8 9 LDAC
D16-11
OUT1 1 16 RFB
OUT2 UREF
GND UDD
MSB DB7 WR
DB6 CS
DB5 DB0
DB4 DB1
DB3 8 9 DB2
D16-12
OUT1 1 16 RFB
OUT2 UREF
GND UDD
B1 B10 LSB
B2 B9
B3 B8
B4 B7
B5 8 9 B6
D16-13
OUT1 1 16 RFB
OUT2 UREF
AGND UDD
MSB D3 CLR
D2 DGND
D1 A1
LSB D0 A0
CS 8 9 WR
D16-14
OUT1 1 16 RFB
OUT2 UREF
AGND UDD
STB1 CLR
LD1 DGND
NC STB4
SRI STB3
STB2 8 9 LD2
D16-15
ULC 1 16 COMP
IOUT UREF-
-US UREF+
IOUT +US
MSB B1 B8
B2 B7
B3 B6
B4 8 9 B5
D16-16
RBO 1 16 RS
-US FS Adj
OUT +US
B10 B1 MSB
B9 B2
B8 B3
B7 B4
B6 8 9 B5
D16-17
AGND 1 16 AGND B
IOUT A IOUT B
RFB A RFB B
UREF A UREF B
CLK UDD
UPD A CLR
DATA IN UPD B
CS 8 9 DGND
D16-18
OUT1 1 16 RFB
OUT2 UREF
GND UDD
B1 NC
B2 NC
B3 B8
B4 B7
B5 8 9 B6
D16-19
OUT1 1 16 RFB
OUT2 UREF
AGND UDD
STB1 CLR
LD1 DGND
SRO STB4
SRI STB3
STB2 8 9 LD2
D18-1
USS 1 18 UDD
UOUT RESET
UREF LDAC
AGND WR
DGND CS
DB7 DB0 LSB
DB6 DB1
DB5 DB2
DB4 9 10 DB3
D18-2
OUT1 1 18 RFB
OUT2 UREF
GND +UDD
MSB B1 B12
B2 B11
B3 B10
B4 B9
B5 B8
B6 9 10 B7
D18-3
ULC 1 18 COMP
IOUT UREF-
-US UREF+
IOUT +US
MSB B1 B10
B2 B9
B3 B8
B4 B7
B5 9 10 B6
D20-1
UO B 1 20 UO C
UO A UO D
USS UDD
UREF A0
AGND A1
DGND WR
MSB DB7 DB0 LSB
DB6 DB2
DB5 DB3
DB4 10 11 DB3
D20-2
USS 1 20 UOUT
ROFS RFS
REF OUT UDD
AGND LDAC
MSB DB7 WR
DB6 CSLSB
DB5 CSMSB
DB4 DB0 LSB
DB3 DB1
DGND 10 11 DB2
D20-3
AGND 1 20 OUT B
OUT A RFB B
RFBA UREF B
UREF A UDD
DGND WR
DAC A,B CS
MSB DB7 DB0
DB6 DB1
DB5 DB2
DB4 10 11 DB3
D20-4
UREF 1 20 USS
RFB UDD
IOUT CS
AGNDS WR
AGNDF A0
DGND A1
DB7 DB0
DB6 DB1
DB5 DB2
DB4 10 11 DB3
D20-5
OUT1 1 20 RFB
AGND UREF
DGND UDD
DB11 WR
DB10 CS
DB9 DB0 LSB
DB8 DB1
DB7 DB2
DB6 DB3
DB5 10 11 DB4
D20-6
IOUT 1 20 RFB
AGND UREF
DGND UDD
CSMSB WR
DF/DOR CSLSB
CTRL LDAC
DB7 DB0 LSB
DB6 DB1
DB5 DB2
DB4 10 11 DB3
D20-7
MSB
DB3 1 20 UDD
DB2 UREF A
DB1 RFB A
DB0 IOUT A
UPD AGND
A2 IOUT B
A1 RFB B
A0 DGND
CS CLR
WR 10 11
D20-8
UOUT1 1 20 UREF2
UBIA1 UOUT1
CS UREF1
AU UCC A
CLK UREF OUT
D0 UREF3
GND UOUT3
INT UBIA2 1,4V
DI UREF4
UCC D 10 11 UOUT4
D20-9
LSB DB0 1 20 +UCC
DB1 SENSE1
DB2 UOUT1
DB3 SELECT1
DB4 AGND
DB5 SELECT2
DB6 UOUT2
DB7 SENSE2
WR DGND
CS1 10 11 CS2
D20-10
MSB
B1 1 20 +US
B2 IOUT
B3 IOUT
B4 -US
B5 COMP
B6 UREF-
B7 UREF+
B8 ULC/AGND
B9 B12 LSB
B10 10 11 B11
D20-18
OUT1 1 20 RFB
AGND UREF
DGND UDD
DB11 RD/WR
DB10 DS
DB9 DB0
DB8 DB1
DB7 DB2
DB6 DB3
DB5 10 11 DB4
D24-1
MSB
UCC 1 24 B1
CMOS/TTL B2
UREF LOIN B3
AMP SJ B4
UREF HIIN B5
UEE B6
BO R IN B7
BO R OUT B8
D/A OUT B9
10 V B10
20 V B11
GND 12 13 B12 LSB
D24-2
UCC 1 24 B1 MSB
CMOS/TTL B2
UREF IN B3
UREF OUT B4
REF GND B5
UREF IN B6
UEE B7
BO IN B8
D/A OUT B9
10 V B10
20 V B11
GND 12 13 B12 LSB
D24-3
MSB
NC 1 24 B1
NC B2
UCC B3
UREF OUT B4
REF GND B5
REF IN B6
-UEE B7
BO IN B8
D/A OUT B9
10 V B10
20 V B11
PGND 12 13 B12 LSB
D24-3A
NC 1 24 B1 MSB
NC B2
UCC B3
UREF OUT B4
REF GND B5
REF IN B6
-UEE B7
BOIN B8
D/A OUT B9
10 V B10
20 V GND
PGND 12 13 GND
D24-3B
NC 1 24 B1 MSB
NC B2
UCC B3
UREF OUT B4
REF GND B5
REF IN B6
-UEE B7
BO IN B8 LSB
D/A OUT GND
10 V GND
20 V GND
PGND 12 13 GND
D24-4
MSB
NC 1 24 B1
NC B2
REF GND B3
AMP SJ B4
UREF HIIN B5
-UEE B6
BO IN B7
NC B8
D/A OUT B9
10 V B10
20 V B11
PGND 12 13 B12


D24-5
D24-6
D24-7
D24-8 kanál
D24-9 kanál
D24-10
D24-10A
D24-11
D24-12
D24-13
D24-14
D24-15
D24-16
D24-17,17A
D24-18,18A
D24-19
D24-20
D24-21
D24-17A: +5V
D24-18A: 5V
D24-22
D24-23
D24-24
D24-25
D24-26
D24-27
D24-28
D24-29
D24-29A
D24-30
D24-31
D24-32
D28-1
D28-2
D28-3
D28-4
D28-5
D28-6


D28-7
D28-8
D28-9
D28-11
D28-12
D28-13
D28-14
D28-15
D28-16
D28-17
D28-18
D28-19
D28-20
D28-21
D28-22
D28-23
D32-1
D40-1
SO16-1
SO16-2
SO16-5
SO16-6
SO16-10
SO16-11
SO16-12
SO16-13
SO16-14
SO16-15
SO16-16
SO16-18
SO16-19
SO18-1
SO18-2
SO20-1
SO20-2


SO20-3
SO20-4
SO20-5
SO20-6
SO20-8
SO20-9
SO20-10
SO24-1
SO24-10A
SO24-12
SO24-13
SO24-14
SO24-19
SO24-20
SO24-21
SO24-22
SO24-24
SO24-28
SO24-31
SO24-32
SO24-3
SO24-4
SO28-1
SO28-2
SO28-3
SO28-4
LC20-1
LC20-2
LC20-3
LC20-4
LC20-5
LC20-6
LC20-7
LC20-8


LC20-13
OUT1 OUT2 NC RFB UREF
AGND D3 NC D2 D1
UDD CLR NC DGND A1
D0 CS NC WR A0
LC20-14
OUT1 OUT2 NC RFB UREF
AGND STB1 NC LD1 NC
UDD CLR NC DGND STB4
SRI STB2 NC LD2 STB3
LC20-15
DGND AGND OUT1 RFB UREF
DB11 DB10 DB9 DB8 DB7
UDD WR CS DB0 DB1
DB6 DB5 DB4 DB3 DB2
LC20-16
DGND AGND IOUT RFB UREF
CSMSB DF/DDR CTRL DB7 DB6
UDD WR CSLSB LDAC DB0
DB5 DB4 DB3 DB2 DB1
LC20-17
DB1 DB2 DB3 UDD UREFA
DB0 UPD A2 A1 A0
RFBA IOUTA AGND IOUTB RFBA
CS WR CLR DGND UREFB
LC28-1
MSB TRIM -US NC +US TRIM MSB
IOUT AGND SJ NC RFB UOUT +UL
IOUT AGND SJ NC RFB UOUT -UL
DR LR CK NC DGND LL DL
LC28-2
USS UOUTA UOUTB NC UOUTC UOUTD UDD
UREFB UREFA AGND NC DGND LDAC DB7
UREFC UREFD A0 NC A1 WR DB0
DB6 DB5 DB4 NC DB3 DB2 DB1
LC28-3
U08 U07 UDD NC A0 A1 A2
U06 U05 U04 NC U03 U02 U01
WR DB0 DB1 NC DB2 DB3 DB4
USS UREF GND NC DB7 DB6 DB5
LC28-4
REF OUT RDFS USS NC UOUT RFB UDD
AGND DB11 DB10 NC DB9 DB8 DB7
CLR LDAC WR NC CS DB0 DB1
DB6 DB5 DGND NC DB4 DB3 DB2
LC28-8
IOUT RFB UREFF UREFS NC USS UDD
AGNDS AGNDF DGND DB13 DB12 DB11 DB10
WR CSLSB LDAC SCMSB DB0 DB1 DB2
DB9 DB8 DB7 DB6 DB5 DB4 DB3
LC28-9
IOUT RFB UREF RINT UINV USS UDD
AGNDS AGNDF DGND DB13 DB12 DB11 DB10
WR CSLSB LDAC CSMSB DB0 DB1 DB2
DB9 DB8 DB7 DB6 DB5 DB4 DB3
LC28-10
RFBA IOUTA AGNDA NC AGNDB IOUTB RFB
UREFA UREFB
CS DB0 NC DB1 DB2 DB3
UDD UPD NC WR CLR A1
DB4 DB5 DGND NC DB6 DB7 A0
LC28-11
UDD DB0 DB1 DB2 DB3 DB4 DB5
UOUT RIN +UREF -UREF USS DB15 DB14
LDAC CLR CS R/W UCC DGND DB6
DB13 DB12 DB11 DB10 DB9 DB8 DB7
LC28-20
RFBA IOUTA AGND NC IOUTB RFBB RFB
UREFA CSA DB0 NC DB1 DB2 DB3
UDD CBS WR NC DB11 DB10 DB9
DB4 DB5 DGND NC DB6 DB7 DB8
LC28-24
DB10 DB11 UOUT NC RFB RC RB
DB9 DB8 DB7 NC DB6 DB5 DB4
RA UDD USS NC AGND UREF CS
DB3 DB2 DGND NC DB1 DB0 WR
L20-1
B7 B8 LSB NC U0 UOSENA
B6 B5 NC B4 B3
UOSENB GND NC GND +UCC
B2 B1 MSB NC CE CS
L20-2
DB1 DB0 LSB NC U0 UOSEN
DB2 DB3 NC DB4 DB5
UOSEL GND NC GND +UCC
DB6 DB7 MSB NC CE CS
LC44-2
URET2 URET3 UOUT3 UREF GND UREF OUT UREF IN UOUT4 URET4 URET5 UOUT5 UOUT6
UOUT2 UOUT1 URET1 URET0 UOUT0 USS UDD DGND UCC IOGND D11
URET6 URET7 UOUT7 AGND A2 A1 A0 CE RD WR RST
D10 D9 D8 D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0
L44-1
UEE UCC AGND NC LS RD NC NC ULL NC DB11 MSB
RFA UOA UOB RFB UREF IN RFC UOC UDD RFD NC NC
DB10 DB9 DB8 DB7 DB6 NC DB5 DB4 DB3 DB2 DB1
CS DS0 DS1 DGND RST QS0 QS1 QS2 TR MS DB0 LSB


L20-3
UOUT USS NC UDD RESET
UREF AGND DGND DB7 MSB DB6
LDAC WR CS DB0 LSB DB1
DB5 DB4 NC DB3 DB2
L20-4
USS UOA UOB UOC UDD
UREF AGND DGND DB7 MSB DB6
UDD A0 A1 WR DB0 LSB
DB5 DB4 DB3 DB2 DB1
L20-5
UREF OUT ROFS USS UOUT RFB
AGND DB7 MSB DB6 DB5 DB4
UDD LDAC WR CSLSB CSMSB
DB3 DGND DB2 DB1 DB0 LSB
L20-6
OUT2 OUT1 NC RFB UREF
GND DB7 MSB NC DB6 DB5
UDD WR NC CS DB0 LSB
DB4 DB3 NC DB2 DB1
L20-7
RFBA OUTA AGND OUTB RFBB
UREFA DGND DACA/DACB DB7 MSB DB6
UREFB UDD WR CS DB0 LSB
DB5 DB4 DB3 DB2 DB1
L20-8
OUT1 OUT2 NC RFB UREF
GND B1 MSB NC B2 B3
UDD B10 LSB NC B9 B8
B4 B5 NC B6 B7
L20-9
IOUT RFB UREF USS UDD
AGNDS AGNDF DGND DB7 DB6
CS WR A0 A1 DB0
DB5 DB4 DB3 DB2 DB1
L20-10
OUT1 OUT2 NC RFB UREF
GND B1 MSB B2 B3 B4
UDD B12 B11 B10 B9
B5 B6 NC B7 B8
L20-13
OUT1 OUT2 NC RFB UREF
AGND D3 MSB NC D2 D1
UDD CLR NC DGND A1
D0 LSB CS NC WR A0
L20-14
OUT1 OUT2 NC RFB UREF
AGND STB1 NC D1 NC
UDD CLR NC DGND STB4
SRI STB2 NC LD2 STB3
L20-15
DGND AFND OUT1 RFB UREF
DB11 MSB DB10 DB9 DB8 DB7
UDD WR CS DB0 LSB DB1
DB6 DB5 DB4 DB3 DB2
L20-16
DGND AGND IOUT RFB UREF
CSMSB DF/DOR CTRL DB7 MSB DB6
UDD WR CSLSB LDAC DB0 LSB
DB5 DB4 DB3 DB2 DB1
L20-17
DB1 DB2 DB3 MSB UDD UREFA
DB0 UPD A2 A1 A0
RFBA IOUTA AGND IOUTB RFBB
CS WR CLR DGND UREFB
L20-18
DGND AGND OUT1 RFB UREF
DB11 DB10 DB9 DB8 DB7
UDD RD/WR DS DB0 DB1
DB6 DB5 DB4 DB3 DB2
L28-1
DB8 +UREFF +UREFS +US -US DB0 LSB DB1
DB9 DB10 DB11 HBE DB12 DB13 DB14
DB2 DB3 LBE DB4 DB5 DB6 DB7
DB15 MSB CS LDAC -UREFF -UREFS U0 GND
QF44-1
IOUT2E IOUT1E RFBE UREFE UDD DGND AGND UREFD RFBD IOUT1D IOUT2D
NC UREFF RFBF IOUT1F IOUT2F UREFG RFBG IOUT1G IOUT2G UREFH RFBH
NC UREFC RFBC IOUT1C IOUT2C UREFB RFBB IOUT1B IOUT2B UREFA RFBA
IOUT1H IOUT2H SDOUT CLR LDAC FSIN SDIN CLKIN A0 IOUT2A IOUT1A
L28-2
B0 SJ 10 V 20 V DB11 MSB DB10 DB9
REF GND UREF OUT UREF IN +UCC UOUT -UEE CS
DB8 DB7 DB6 DB5 DB4 DB3 DB2
A3 A2 A1 A0 GNDP DB0 LSB DB1

PRE SLOVENSKÝCH ČITATEĽOV

Vážení čitatelia,
vzhľadom na skutočnosť, že od nového roku sa zvyšujú ceny papiera a polygrafických prác v Českej republike, bol vydavateľ nutený upraviť ceny Amatérského radia (rady A i B) aj na Slovensku. Od nového roku bude cena výtlačku 27,-SK.

Ale

Magnet-Press Slovakia si chce zachovať priazeň predplatiteľov, preto sme sa rozhodli minimalizovať svoje zisky a poskytnúť vám **zľavu** na predplatnom vo výške **5,-SK**, avšak iba tým, ktorí budete mať předplatné priamo vo firme Magnet-Press Slovakia.

Cena výtlačku pre predplatiteľov v Magnet-Press Slovakia na rok 1995 len 22,-SK.

Doterajším odberateľom časopisu pošleme zloženky automaticky a zaradíme ich do zoznamu stálych zákazníkov na rok 1995.

............................✂

OBJEDNÁVACÍ LÍSTOK - LEN PRE NOVÝCH ODBERATEĽOV

MENO A PRIEZVISKO (firma)...

ADRESA (sídlo firmy) .... PSČ ....

OBJEDNÁVAM časopis AMATÉRSKÉ RADIO "B" v počte ks ....

IČO .... DIČ ....

x)Časopis si želám zasielať na adresu a) vyššie uvedenú,

b) ....

x)Platba a) fakturou, b) zloženkou

x) Nehodiace sa škrtnite

Podpis ....

Vyplnený objednávací lístok pošlite na adresu **Magnet-Press Slovakia, P.O.Box 14, 814 99 Bratislava**

INZERCE

Inzerci přijímá osobně i poštou Vydavatelství Magnet-Press (inzerce ARB), Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. (02) 24 22 73 84, (02) 24 22 77 23, tel./fax (02) 24 22 31 73.

Uzávěrka tohoto čísla byla 13. 10., do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát.

Cena za první řádek (délky 54 mm) je 44,-Kč, za každý další i započatý 22,-Kč. Platba je včetně daně z přidané hodnoty. Cena za plošnou inzerci se řídí velikostí, za 1 cm^2 plochy je 29,-Kč, k ceně se připočítáva 23 % DPH. Nejmenší velikost plošného inzerátu je 54x40 mm. Za opakovanou inzerci poskytujeme slevy.

Text pište čitelně, nejlépe na stroji nebo hůlkovým písmem, aby se předešlo chybám, vznikajícím z nečitelnosti předlohy.

KOUPĚ

Gramofony na kliku, staré rozhlasové přijímače s rámovou anténou, tlg. klíče a stroje, něm. voj. zařízení, elektronky do roku 1945, výměna možná - nabídněte. Adr.: J. Russmann, Alter Muhlenweg 15, 29525 Ueltzen 3. Fax 004958177539.

1000 Kč i více dám za kompletní německou leteckou kuklu - síťovanou, koženou, plátěnou. Dále samostatné krční mikrofony a sluchátka. Tel. (02) 26 38 03

Firma ***ELKOM SERVIS*** hledá z řad radioamatérů externí pracovníky - obchodní zástupce při realizaci a servisu rádiových sítí. Základní znalosti v oboru podmínkou.
Adr: ***ul.Prakšická 929, 688 01 UH. BROD, tel. 0633/4139.***

NABÍDKA ČASOPISŮ Z VYDAVATELSTVÍ MAGNET-PRESS

● výhodné předplatné ● výrazné slevy ●

Vážení čtenáři,

přestože jsme nuceni vlivem stoupajících cen papíru a polygrafických prací od ledna 1995 zvýšit ceny časopisů v běžném prodeji, chceme, aby předplatitelé, kteří si objednají své oblíbené tituly přímo na adrese našeho vydavatelství, pocítili tuto změnu co nejméně. Kromě výrazných slev poskytujeme svým předplatitelům i další výhody: časopisy balíme do folie, čísla prokládáme zajímavými materiály. Z předplatitelů vylosujeme každý měsíc výherce hodnotných cen.

Tato cenová nabídka je určena pouze pro předplatitele v České republice, ceny jsou uvedeny v Kč.

Časopis	Prodejní cena	Cena pro předplatitele	Pololetní předplatné	Roční předplatné
SVĚT MOTORŮ	12,-	10,80	280,80	561,60
LETECTVÍ A KOSMONAUTIKA	22,-	17,-	221,-	442,-
STŘELECKÁ REVUE	22,-	17,-	102,-	204,-
PES PŘÍTEL ČLOVĚKA	20,-	15,-	90,-	180,-
MODELÁŘ	22,-	17,-	102,-	204,-
MODELY	22,-	17,-	51,-	102,-
ZÁPISNÍK SPOTŘEBITELE	20,-	15,-	90,-	180,-
AMATÉRSKÉ RÁDIO A	20,-	15,-	90,-	180,-
AMATÉRSKÉ RÁDIO B	20,-	15,-	45,-	90,-
ŽELEZNICE	29,-	27,50	82,50	165,-
ABK (akcie, burza, kapitál)	95,-	95,-	570,-	1140,-

K zavedení do evidence nutně potřebujeme poslat Vámi vyplněnou objednávku. Pro objednávky, zaslané nejpozději do 20.12.1994 bude zajištěno dodávání časopisů od prvních čísel, pro čtenáře, kteří pošlou objednávky později, bude na složence nebo faktuře uveden údaj, od kterého čísla bude časopis zasílán. Po skončení předplaceného období Vám zašleme složenku na další předplatné. Naši současní předplatitelé již proto nemusí objednací lístky posílat a VMP je obešle složenkami (fakturami) automaticky. Pokud si přejete po odeslání objednávky z jakýchkoliv důvodů svůj odběr a platbu stornovat, oznamte to neprodleně do administrace VMP. Objednané časopisy budou zasílány až po zaevidování platby v počítači.

Objednací lístky a veškeré další dotazy zasílejte na adresu: **Vydavatelství Magnet-Press, odd. administrace, Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, Tel.: 02/2422 7384-92, linka 445, 446, Fax: 02/2421 7315**

---------------------------- OBJEDNACÍ LÍSTEK - JEN PRO NOVÉ ODBĚRATELE! ----------------------------

Jméno a příjmení (firma) ....

Adresa (sídlo firmy) .... PSČ ....

IČO .... DIČ ....

*) Časopisy si přeji zasílat na adresu a) výše uvedenou

b)..

Časopis	Pololetní předpl.	Roční předpl.
SVĚT MOTORŮ	280,80 (x)	561,60 (x)
LETECTVÍ A KOSMONAUTIKA	221,- (x)	442,- (x)
STŘELECKÁ REVUE	102,- (x)	204,- (x)
PES PŘÍTEL ČLOVĚKA	90,- (x)	180,- (x)
MODELÁŘ	102,- (x)	204,- (x)
MODELY	51,- (x)	102,- (x)
ZÁPISNÍK SPOTŘEBITELE	90,- (x)	180,- (x)
AMATÉRSKÉ RÁDIO A	90,- (x)	180,- (x)
AMATÉRSKÉ RÁDIO B	45,- (x)	90,- (x)
ŽELEZNICE	82,50 (x)	165,- (x)
ABK (akcie, burza, kapitál)	570,- (x)	1140,- (x)

*) Platba a) fakturou
b) složenkou

Mám zájem ještě o doposlání těchto čísel časopisů z roku 1994:

....

Podpis

Do tabulky zaškrtněte druh předplatného, pokud chcete zasílat časopis ve větším množství, než v jednom exempláři, uveďte v závorce tento počet. Částka za předplatné se tímto počtem násobí.

*) Nehodící se škrtněte